

THÈSES

présentées à la
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY
pour obtenir le grade de
DOCTEUR ÈS SCIENCES ~~PHYSIQUES~~ NATURELLES

par
Maurice WEPPE

PREMIÈRE THÈSE :

Contribution à la géologie minière et à la minéralogie minière
Les Gisements de Wolfram
de Leucamp, Puy-les-Vignes, Montbelleux

DEUXIÈME THÈSE :

Propositions données par la Faculté

soutenues publiquement le 11 Juillet 1956 devant la Commission d'Examen

JURY :

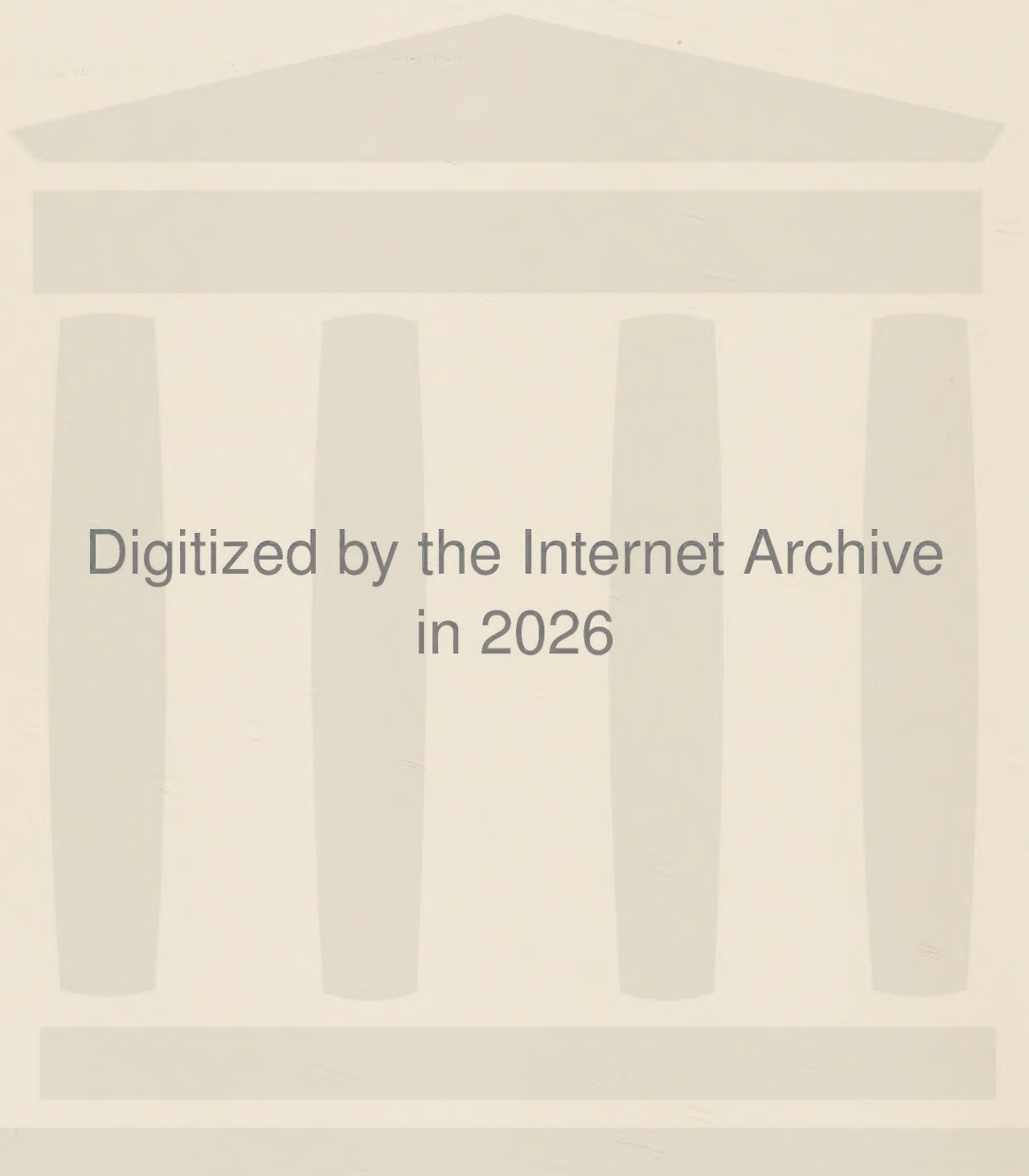
MM. L. LONGCHAMBON,	Président
E. URION	} Examineurs
P. OLMER	
G. MILLOT	
J. ORCEL	
J. BOLFA	

1958

SOCIÉTÉ D'IMPRESSIONS TYPOGRAPHIQUES

NANCY

1956



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555802_0008

THÈSES

présentées à la
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY
pour obtenir le grade de
DOCTEUR ÈS SCIENCES ~~PHYSIQUES~~ NATURELLES
par
Maurice WEPPE

PREMIÈRE THÈSE :

Contribution à la géologie minière et à la minéralogie minière

Les Gisements de Wolfram
de Leucamp, Puy-les-Vignes, Montbelleux

DEUXIÈME THÈSE :

Propositions données par la Faculté

soutenues publiquement le 11 Juillet 1956 devant la Commission d'Examen

JURY :

MM. L. LONGCHAMBON,

E. URION

P. OLMER

G. MILLOT

J. ORCEL

J. BOLFA

Président

Examineurs

1958

SOCIÉTÉ D'IMPRESSIONS TYPOGRAPHIQUES

NANCY

UNIVERSITE DE NANCY . FACULTE DES SCIENCES

Doyen M. URION.
Assesseur M. ECHEVIN.
Doyens honoraires ... MM. HUSSON, CORNUBERT.

Professeurs honoraires : MM. DARMOIS E., GUTTON, CROZE, DARMOIS G., RAYBAUD, FALLOT, LAFFITTE, LERAY, HUSSON, DONZELOT, JOLY, LAPORTE, EICHORN, CAPELLE, GODEMENT, DUBREIL, SCHWARTZ, DIEUDONNÉ.

Maîtres de Conférences honoraires : MM. RAUX, LIENHART.

Professeurs :

MM. CORNUBERT	Chimie organique.	GAUTHIER	Math. appliquées.
LONGCHAMBON ...	Minéralogie.	MM. DODE	Chimie phys. et électro.
DE MALLEMANN ..	Physique.	VEILLET	Biologie animale chimie.
CHEVALLIER	Physique.	ECHEVIN	Botanique.
URION	Chimie biologique.	WAHL	Chimie org. industrielle.
DELSARTE	Analyse supér.	BARRIOL	Chimie théorique.
REMY	Zoologie.	N.	Calcul diff. et intégral.
ROUBAULT	Géologie.	GUILLIEN	Electrotechnique.
LETORT	Chimie minérale.	OLMER	Physique appliquée.
N.	Mécan. rationn.	BIZETTE	Physique.
GUÉRIN	Chimie industr.	GIBERT	Génie chimique.

Maîtres de Conférences :

MM. LEGRAS	Mathématiques.	MM. AVIAS	Géologie de la Lorraine.
AUBRY	Chimie.	COPPENS	Radiogéologie.
WERNER	Botanique.	NICLAUSE	Génie chimique.
BESSON	Chimie minérale.	DELATTRE	Géochimie.
CHAPELLE	Physique.	MANGENOT	Phytopathologie.
DAVID	Chimie biologique.	GARNIER	Agronomie.
COMOLET	Mécanique physique.	BRUHAT	Mécanique rationn.
FAIVRE	Phys. de l'état mét.	HERVÉ	Calcul diff. et intégral.
BOLFA	Minéralogie.	LIONS	M. M. P.
FRUHLING	Radiotechnique.	DUVAL	Chimie.
GAYET	Physiologie.		

Secrétaire : M. LAPOINTE.



Sommaire

AVANT-PROPOS	3
--------------------	---

PREMIERE PARTIE

LE GISEMENT DE LEUCAMP (Cantal)

INTRODUCTION	7
--------------------	---

CHAPITRE I. — ETUDE GEOLOGIQUE DE LA SURFACE

A) Situation géographique	9
B) Géologie régionale	9
C) Géologie locale	9

CHAPITRE II. — PREMIERE ETUDE DU GISEMENT

A) La concession de Leucamp	13
B) Etude du secteur de l'éperon de Bancarel	17
C) Recherche d'une règle pratique pour le passage des failles	25
D) Etude structurale d'ensemble du gisement	26
E) Enseignements tirés de la tectonique ; notions fondamentales	29
F) Application des notions précédentes	33
G) Recherche de la racine du gisement et de ses dépendances métallogéniques	36

CHAPITRE III. — SECONDE ETUDE DU GISEMENT (1955)

A) Etude des nouvelles zones explorées par les travaux miniers	39
B) Mise en place des zones récemment explorées dans le schéma structural d'ensemble du gisement	42

CHAPITRE IV. — CONCLUSIONS

A) Reconstitution du réseau filonien initial	45
B) Contribution à la connaissance métallogénique du gisement	45
C) Relations avec les gisements régionaux de wolframite	48

DEUXIEME PARTIE

LE GISEMENT DE PUY-LES-VIGNES (Haute-Vienne)

INTRODUCTION	53
--------------------	----

CHAPITRE I. — ETUDE GEOLOGIQUE DE LA SURFACE

A) Le cadre géologique	55
B) La géologie régionale	56
C) La géologie locale	56
D) La géologie de la concession	58

CHAPITRE II. — ETUDE DE LA PIPE DE PUY-LES-VIGNES

A) Description de la pipe de Puy-les-Vignes	61
B) Reconstitution de la dynamique de formation de la pipe	72
C) Etablissement d'un premier programme de travaux	79

D) Résultats du premier programme de travaux	83
E) Etablissement d'un second programme de travaux	90
F) Résultats du second programme de travaux	91
G) Etablissement d'un troisième programme de travaux	93
H) Résultats du troisième programme de travaux	97

CHAPITRE III. — ETUDE DES FILONS DE PUY-LES-VIGNES

A) Description du système filonien	99
B) Répartition de la minéralisation	102
C) Possibilité d'existence d'autres filons exploitables	104

CHAPITRE IV. — ETUDE DES POINTS MINERALISES DE LA CONCESSION DE PUY-LES-VIGNES

A) Résultat des travaux de recherche	105
B) Conclusions	107

CHAPITRE V. — CONCLUSIONS

A) Relations entre les faits minéralogiques et les faits structuraux du gisement	109
B) Relations entre les faits pétrographiques et structuraux régionaux et les faits structuraux du gisement	112
C) Problème de l'extension des zones minéralisées	113

TROISIEME PARTIE

LE GISEMENT DE MONTBELLEUX (Ille-et-Vilaine)

INTRODUCTION	117
--------------------	-----

CHAPITRE I. — ETUDE GEOLOGIQUE DE LA SURFACE

I. — Géologie générale	119
II. — Géologie régionale	120
III. — Le cadre géologique du gisement de Montbelleux	121
IV. — Etude géologique locale	122
A) Etude pétrographique	122
B) Interprétation des faits géologiques locaux	127

CHAPITRE II. — ETUDE DE LA CONCESSION DE MONTBELLEUX

A) Le cadre	140
B) La butte de Parcé	140
C) La butte de Mué	140
D) La butte de Villeray	140
E) La butte de Montbelleux	143

CHAPITRE III. — ETUDE DU GISEMENT DE MONTBELLEUX

I. — Etude de la mine	145
II. — Etude de la zone du pointement granitique	169
III. — Etude de la zone Est du pointement granitique	173
IV. — Etude de la zone latérale Nord du pointement granitique	173
V. — Réalisation d'un programme de recherches dans la zone du pointement granitique ..	174

CHAPITRE IV. — CONCLUSIONS

A) Synthèse de la métallogénie régionale	177
B) Conclusions	181

QUATRIEME PARTIE

CONCLUSIONS GENERALES

A) Synthèse métallogénique des gisements étudiés	185
B) Méthode d'étude d'un gisement minier	189
C) Conclusions	192

INTRODUCTION

Le rôle joué par la géologie minière dans l'exploitation des mines métalliques est d'importance variable. Il dépend souvent du type de gisement et du degré d'évolution de la mine; mais il dépend aussi de la confiance qu'on accorde à cette discipline. En effet, si certains mineurs lui portent un grand intérêt, d'autres pensent qu'elle n'est utile que d'une manière limitée et dans des cas précis. Pour d'autres enfin, elle paraît évoluer sur la crête ambiguë qui sépare la science et l'intuition : susceptible surtout d'apporter des satisfactions d'ordre intellectuel à ceux seuls qui la pratiquent.

Mon propos ici est de contribuer à l'illustration et à la défense de la géologie minière ; voici à la suite de quelles circonstances et par quels arguments.

En 1945, après cinq années passées à l'exploitation, je pris conscience de mes lacunes en géologie et vins les combler sur les bancs de l'Ecole de Géologie de Nancy. J'acquis, dans cette maison, les notions théoriques qui me manquaient. Mais, par la suite, je restai à l'Université : ancien mineur et nouveau géologue, il me fallait tenter d'harmoniser ces deux efforts dans un enseignement de géologie minière.

La métallogénie classique, fortement influencée par la métallurgie, considérait alors le gîte minéral comme un phénomène isolé et le soumettait aux lois des mélanges fondus. Elle avait créé une typologie qui offrait bien une possibilité de classification, mais peu de règles utilisables par le mineur.

Cependant, la physique était à un tournant. L'afflux de connaissances nouvelles obligeait la géologie, la pétrographie, la minéralogie à des remaniements incessants de leurs conceptions et modifiait jusqu'à la manière même de poser les problèmes les plus fondamentaux.

En métallogénie, un long et rigoureux travail critique s'avérait nécessaire. Des monographies détaillées sur des cas précis paraissaient plus utiles que la reprise d'hypothèses hâtives appliquées à des cas nombreux mais sommaires. J'entrepris alors, avec les techniques modernes, l'étude détaillée de deux gisements de wolfram français. Cette contribution à la connaissance métallogénique fut présentée en mémoire de thèse en 1951.

La conclusion de ce travail fut, pour moi, une conviction nouvelle. Un gîte minéral, loin d'être isolé, est indissociable de son contexte géologique, structural, pétrographique et minéralogique. Loin d'être un corps étranger, il est le produit de la géologie régionale. Sa localisation, sa nature, son développement sont déterminés par l'histoire mécanique et métamorphique des environs.

C'est à ce moment que des amitiés, liées lors de mes recherches, m'entraînèrent à conseiller des sociétés minières. Pour la seconde fois, les réalités de l'exploitation se présentaient. Mais je disposais d'un nouveau regard et entrepris de rechercher des règles simples dans les deux domaines qui m'apparaissaient fondamentaux : celui de la structure et celui de la minéralisation.

C'est l'exposé de ce travail qui est présenté dans ce livre. La chronologie a été respectée afin de montrer comment l'enquête géologique et les travaux miniers ont été menés de front, s'épaulant l'un l'autre ; comment la compréhension de la géologie a

guidé les travaux de reconnaissance, et comment ces derniers ont modifié, infléchi ou confirmé une vue sans cesse remaniée et améliorée de l'ensemble.

Peu à peu, une méthode pratique d'analyse des gîtes minéraux s'est dégagée. Elle est proposée en fin de volume, à la page 189.

Cette méthode est libre de toute théorie métallogénique et écarte toute hypothèse *a priori*. Ordonnées suivant les schémas qu'elle indique, les mesures et les observations objectives donnent une forme, une figure, une histoire au gisement, et la manière de l'attaquer s'en déduit rapidement. Elle indique quelques prises solides et concrètes, mais il est bien entendu que chacun peut, selon le type de gîte et ses aptitudes personnelles, aborder ensuite le problème par la pente qu'il préfère.

La contribution qu'une telle étude peut apporter à la métallogénie ne doit, cependant, pas être négligée. Dans celle présentée ici, les données théoriques ont été rassemblées. Des conclusions partielles en ont été tirées, avec l'optique propre au métallogéniste. Elles sont exposées à la page 185 et convient au dialogue le pétrographe moderne.

Pour conclure, et dans un ordre d'idées différent, mais non moins important, il m'apparaît indispensable d'indiquer que chaque cas traité ici expose le travail de nombreuses années. De longues périodes d'analyse minutieuse et de collecte patiente des faits ont été nécessaires. Si, au bout de ces périodes d'investigation, les éléments recueillis ont parfois pu s'organiser en une connaissance approchée du gisement, les programmes de travaux de recherche ont toujours visé des buts précis et limités. Et la condition essentielle qui, étape par étape, a assuré le succès, a été la collaboration étroite du mineur et du géologue.

Cette nécessité de délai et d'appui mutuel me paraît caractéristique du domaine de la géologie minière. On ne demande plus au chimiste d'une entreprise moderne la recette miracle de l'alchimiste. De même, le géologue minier ne peut pas être un devin répondant aux questions par une superbe intuition ou le secours d'une baguette enchantée. Disposant de méthodes, de mesures particulières et de techniques de plus en plus assurées, le géologue minier peut épouser le gisement dont il est l'observateur permanent au point d'en reconstituer l'histoire et d'en orienter les travaux. C'est de cette façon, qu'à mon avis, son rôle doit être compris, et c'est de cette façon qu'il est appelé à tenir une place importante dans l'histoire des mines métalliques.

Pour la mise au point de ce travail, j'ai profité des installations du Laboratoire de Minéralogie de la Sorbonne et des Laboratoires de l'Ecole Nationale Supérieure de la Métallurgie et de l'Industrie des Mines. J'en remercie les Directeurs, MM. les Professeurs J. WYART et P. OLMER.

En dehors des laboratoires, j'ai été encouragé par la bienveillante attention que m'ont manifestée M. le Professeur P. PRUVOST, Membre de l'Institut, et M. le Doyen E. URION. Qu'ils me permettent de leur exprimer ici ma reconnaissance.

Dans les exploitations minières je n'aurais pu mener à bien cette étude si je n'avais profité de l'expérience et de l'amicale collaboration des Directeurs et des Ingénieurs, je remercie tout particulièrement MM. SULIBEAU, SCHLESSER, GOLASZEWSKI et PALUSINSKI.

Je remercie également MM. P. RENAUD et J. CROUIGNEAU, Présidents, R. BECHE, Administrateur, pour la constante compréhension qu'ils m'ont toujours manifestée.

Enfin, c'est avec un plaisir particulier que je remercie un ami dont les conseils et les encouragements ont été d'un grand prix dans l'élaboration de ce travail : M. Georges MILLOT, Professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg; qu'il trouve ici l'expression de mon affection et de ma reconnaissance.

PREMIÈRE PARTIE

LE GISEMENT DE LEUCAMP (Cantal)

INTRODUCTION

En 1910, un Auvergnat, frotteur de parquets à Paris, cassait par mégarde l'échantillon de wolframite d'une collection de salon. La semonce fut rude. Indigné de voir faire tant de cas d'un caillou qu'on trouvait à pleins champs dans son village natal, le frotteur de parquets en ramena une caissette entière au collectionneur. Ce fut l'origine de la concession des Mines de Leucamp.

Acquise par la Société des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt, cette concession fut exploitée pendant la guerre de 1914 - 1918. Remise en exploitation en 1940, elle n'a cessé d'être exploitée depuis.

Une étude géologique et minéralogique du gisement a été effectuée de 1946 à 1949 [M. WEPPE, 1950]. Etendue en surface à la géologie régionale et à la prospection de la concession, cette étude s'était limitée, en ce qui concerne les travaux souterrains, au seul secteur connu jusqu'alors, celui de l'éperon de Bancarel, dont l'exploitation se terminait. Malgré cette restriction, une hypothèse métallogénique et structurale sur l'ensemble du gisement fut émise, mais, établie en extrapolant les conclusions de l'étude d'un seul secteur, et appliquée à une région de tectonique complexe, elle demandait à être vérifiée.

Depuis 1949, les travaux miniers ont progressé dans les secteurs voisins de celui de l'éperon de Bancarel.

L'étude qui suit montre comment la connaissance maintenant plus étendue du gisement permet, après avoir confirmé l'hypothèse précédemment émise, de la parfaire et de la préciser.

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE LA SURFACE

A) POSITION GEOGRAPHIQUE

Le gisement de wolframite de Leucamp est situé dans le Cantal, à 20 km au Sud-Ouest d'Aurillac. La région, qui porte le nom de Châtaigneraie, confine à l'Aveyron. C'est une ancienne pénéplaine néogène dont la surface est encore marquée par quelques témoins basaltiques. Une intense érosion des affluents du Lot, et en particulier du Goul et de ses affluents, en la sillonnant de ravins abrupts, lui a donné une topographie accidentée.

B) GEOLOGIE REGIONALE (Fig. 1)

La région est un vaste ensemble micaschisteux, limité en biais au Sud-Est par le batholite d'Entraygues, dont quelques ressauts, émergeant au milieu des micaschistes, forment quelques stocks granitiques [M. ROQUES, 1939].

Le premier de ces stocks granitiques, celui du Veinazès, affecte grossièrement la forme d'une ellipse allongée de 20 km de longueur sur 4 km de largeur. Il s'étend de Senezergues à Leucamp en direction Nord 45° Est, parallèlement au bord Nord du batholite d'Entraygues distant de 10 km.

Le gisement de Leucamp est situé dans les micaschistes, à la pointe Nord-Est du stock du Veinazès.

C) GEOLOGIE LOCALE (Fig. 2)

1° Pétrographie.

a) LES MICASCHISTES.

Dans la région de Leucamp les micaschistes se présentent sous forme d'un complexe à deux micas. Ils passent des micaschistes à muscovite et séricite aux micaschistes à deux micas, parfois à grenat et feldspath altéré.

1. — Les micaschistes à muscovite et séricite sont gris clair, satinés, très fissiles. Au microscope on distingue deux types extrêmes :

— un premier type à lits de quartz homogène alternant avec des lits à séricite abondante et à rares paillettes de muscovite ;

— un second type dans lequel des yeux de quartz séparent des lits de séricite et petits cristaux de quartz ; cette séricite est accompagnée ici de muscovite plus abondante, de chlorite et d'un peu d'apatite ; quelques cristaux de minéraux opaques accompagnent la chlorite.

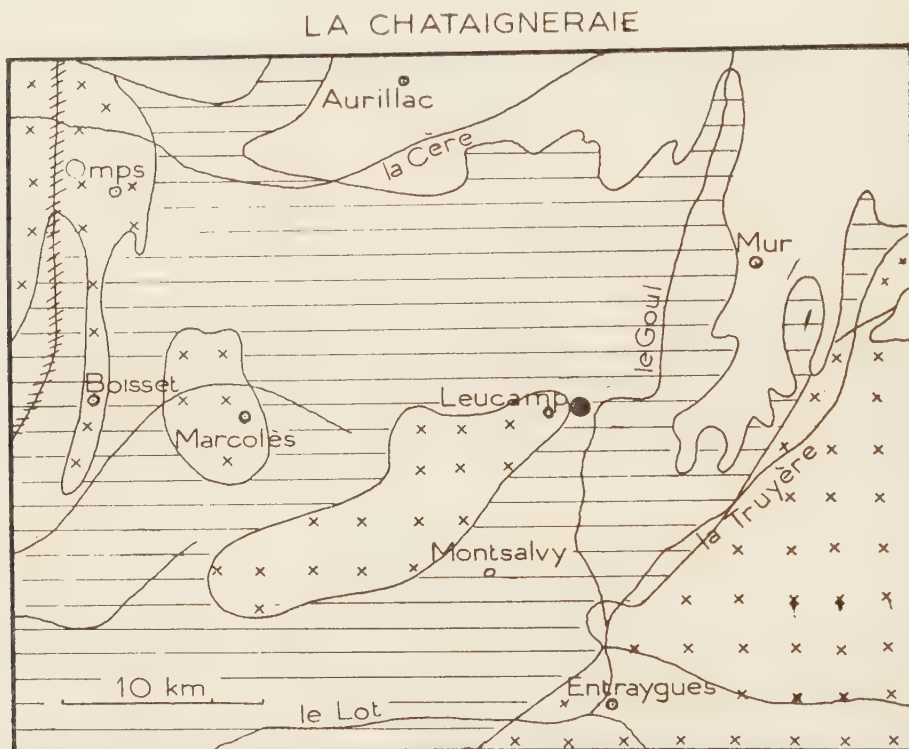


FIG. 1

Carte géologique de la Châtaigneraie.

En hachures : micaschistes ; croix : granite ; en blanc : terrains sédimentaires ou volcaniques. Le cercle marque l'emplacement du gisement de Leucamp.

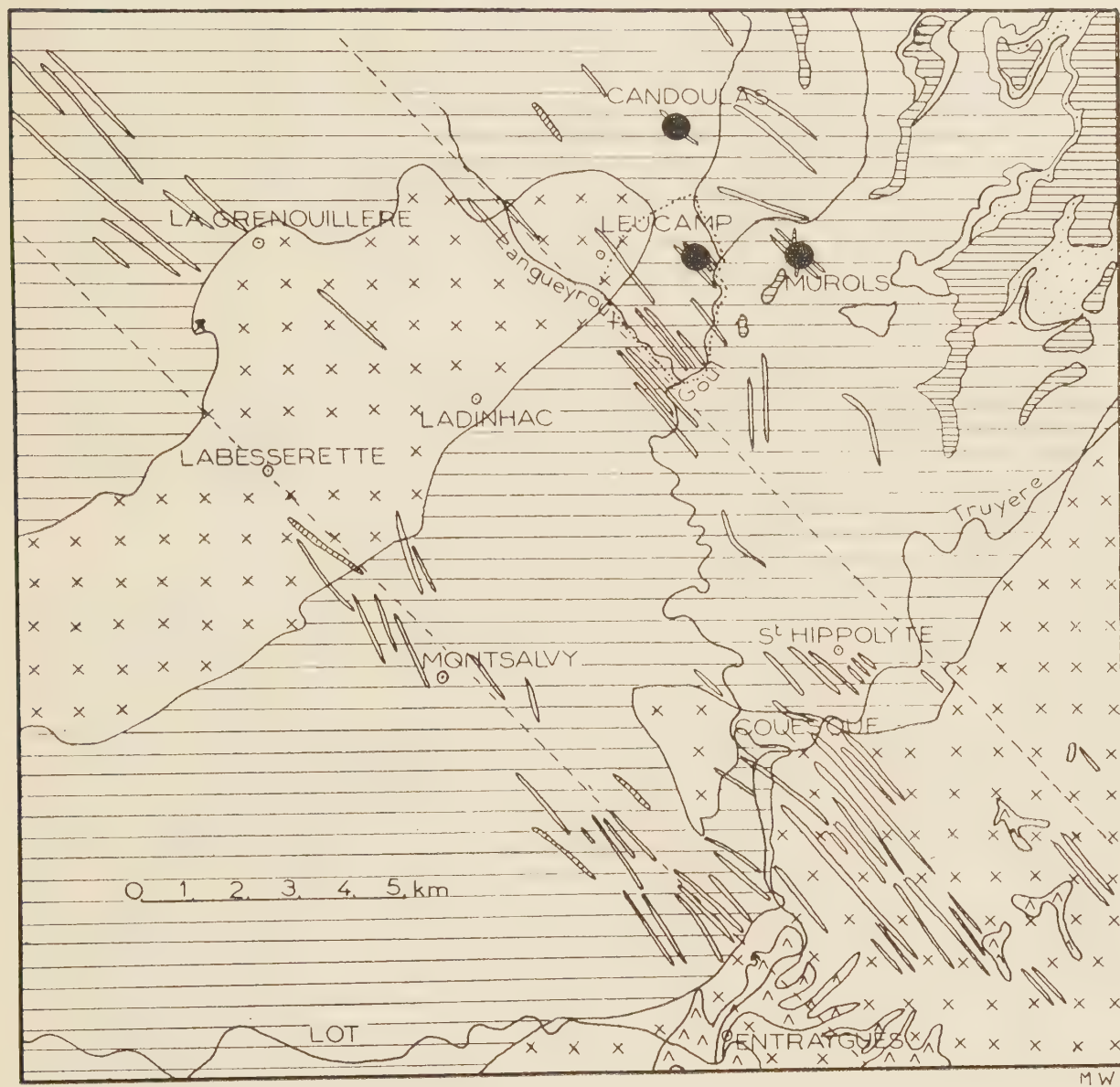
2. — Les micaschistes à deux micas sont gris foncé, parfois légèrement verdâtres. Ils se débitent en plaques d'épaisseur variant de 1 à 3 cm ; les plans de séparation, sont très finement moutonneux. Au microscope on distingue deux types :

— un premier type dans lequel les yeux sont en fuseaux. Ces yeux sont composés de feldspaths altérés contenant de petits cristaux de quartz et de minéraux opaques abondants ; ils sont enserres par des lits phylliteux composés de biotite à demi chloritisée et accompagnée d'éléments opaques abondants ;

— un second type dans lequel les yeux sont en masses arrondies. Ils sont composés soit par des feldspaths altérés, soit par des grenats fracturés mais aux formes cristallines.

Les micaschistes pendent régulièrement de 20° vers le Nord-Est. Ils sont percés sans dérangement de pendage par le stock granitique du Veinazès.

CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION DE LEUCAMP



MW

FIG. 2
Carte géologique de la région de Leucamp.
En pointillé : la concession.

b) LE GRANITE.

Ce stock est formé par un granite calco-alcalin à biotite. Ce granite, porphyroïde au cœur du stock, est bordé d'une zone de granite à grain moyen et régulier.

En observant le granite porphyroïde au microscope on voit, dans un fond à grain moyen constitué par des quartz, des plagioclases et de la biotite, des phénocristaux d'orthose de 2 à 4 cm, présentant la macle de Carlsbad. Cette orthose est perthitique. Les plagioclases ont les proportions de l'andésine ; ils sont très souvent zonés et, dans ceux qui le sont, l'altération en damourite est plus importante au centre que sur les bords. La biotite est chloritisée. On trouve, comme minéraux accessoires : le zircon auréolé, l'apatite et le sphène qui est abondant.

Sur le terrain on passe graduellement du granite porphyroïde au granite à grain moyen et régulier. En observant ce passage au microscope on voit les orthoses, toujours perthitiques, se charger, à partir de la bordure, de plagioclases et de biotite, perdre leurs formes géométriques et se transformer ainsi en plages contenant de plus en plus de grains analogues aux grains du fond. On aboutit peu à peu à un granite calco-alcalin à grain moyen contenant toujours comme minéraux accessoires l'apatite et le zircon auréolé, mais plus de sphène.

2° Tectonique.

D'un point de vue géologique, toute cette région doit être rattachée au massif de la Margeride. En effet le stock du Veinazès apparaît comme un ressaut du batholite d'Entraygues qui est lui-même un pédoncule Sud-Ouest du massif granitique de la Margeride.

Une étude récente du massif de la Margeride [P. LAPADU-HARGUES, 1947] a permis de mettre en évidence une tectonique cassante assez complexe composée de trois directions dominantes de fractures : Nord-Sud, Nord-Ouest et Nord-Est.

De la même manière, dans la Châtaigneraie, le réseau hydrographique très serré procède avec évidence d'un champ de fractures analogues à celui de la Margeride, les directions les mieux marquées étant Nord-Ouest et Nord-Est.

Mais le fait dominant de cette tectonique dans la région de la Châtaigneraie est la présence du horst de Couesque, nettement limité par deux fractures principales, distantes de 7 km et orientées Nord 45° Ouest.

Ces deux fractures importantes ont été signalées dans le massif d'Entraygues qu'elles traversent complètement [LAPADU-HARGUES, 1957]. Elles flanquent, à mon avis, un horst qui, remontant ce granite, a formé la presqu'île granitique de Couesque. Dans la Châtaigneraie, ce horst se poursuit dans tout le quart Nord-Est de la feuille de Figeac, où il prend par le travers le stock granitique du Veinazès (fig. 2). Entre les deux cassures soulignées par des vallées encaissées et des filons de quartz, le horst se traduit par un déplacement vers le Nord-Ouest de la limite Nord-Ouest du stock qui se trouve ainsi localement élargi.

Ce horst est accompagné par un faisceau de filons de granulite dans le granite d'Entraygues et de microgranite dans les schistes et le granite du Veinazès.

La bordure Nord du horst du Couesque est indiquée, dans la région de Leucamp, par le ravin du Langueyrour. Elle coïncide avec la limite Sud-Ouest de la concession des Mines de Leucamp. On doit donc s'attendre à rencontrer dans le gisement des répercussions importantes de cet accident.

CHAPITRE II

PREMIÈRE ÉTUDE DU GISEMENT

A) LA CONCESSION DE LEUCAMP

Cette concession confine au horst de Couesque et au stock granitique du Veinazès (fig. 2).

Elle est limitée en effet (fig. 3) :

- au Sud-Ouest par le Langueyroux dont le ravin indique la cassure Nord du horst ;
- à l'Ouest, approximativement par le contact granite-schistes ;
- à l'Est, par le Goul qui amorce ici l'ultime trajet Nord-Sud qui le mène à Couesque, mais dont le cours zigzaguant emprunte dans le détail de courts tronçons orientés successivement au Nord-Ouest et au Nord-Est ;
- au Nord-Est par le ravin du ruisseau de Maurs, parallèle au Langueyroux et procédant donc de la fracturation Nord-Ouest ;
- au Nord par une ligne longeant un ravin d'orientation Nord-Est.

En fait cette concession enserme un massif dominé par une bande témoin de l'ancienne planète néogène recouverte d'alluvions miocènes et entourée de tous côtés par les flancs abrupts des ravins :

- à l'Ouest, ravin marqué à sa base par le contact granite-schistes ;
- de tous autres côtés, ravins de rivières.

A partir du contact, les micaschistes s'étendent sur toute la concession, avec une monotonie seulement rompue par des filons de microgranite qui les lardent, abondants aux abords du Langueyroux, plus disséminés ailleurs. Ces filons sont surtout visibles sur les flancs des ravins ; sur le plateau, sauf dans l'étroite région médiane, les alluvions interdisent tout levé.

1° Prospection de la concession (Fig. 4).

La recherche des indices minéralisés, soit en place, soit en roulants, a été effectuée sur toute la concession. Joints aux données fournies par quelques travaux disséminés effectués aux premiers temps de la mine, ces indices ont permis d'établir l'inventaire qui va maintenant être présenté.

Pour faciliter la prospection et le regroupement des faits, la zone intéressante de la concession a été découpée en plusieurs secteurs représentant chacun une unité topographique.

On verra par la suite que ce découpage se calquera facilement sur les éléments structuraux, tant il est vrai que la topographie de cette région tourmentée, ainsi que la distribution des zones minéralisées procèdent toutes deux d'une même cause, la tectonique locale.

Les faits métallogéniques et miniers relevés dans ces divers secteurs et dont l'ensemble constitue la connaissance actuelle du gisement, sont les suivants :

a) SECTEUR DE BANCAREL (1 de la fig. 4).

Ce secteur occupe le flanc Nord de l'éperon de Bancarel et inclut le village de ce nom. Ce village est implanté sur un ressaut, avant une dernière descente abrupte sur le

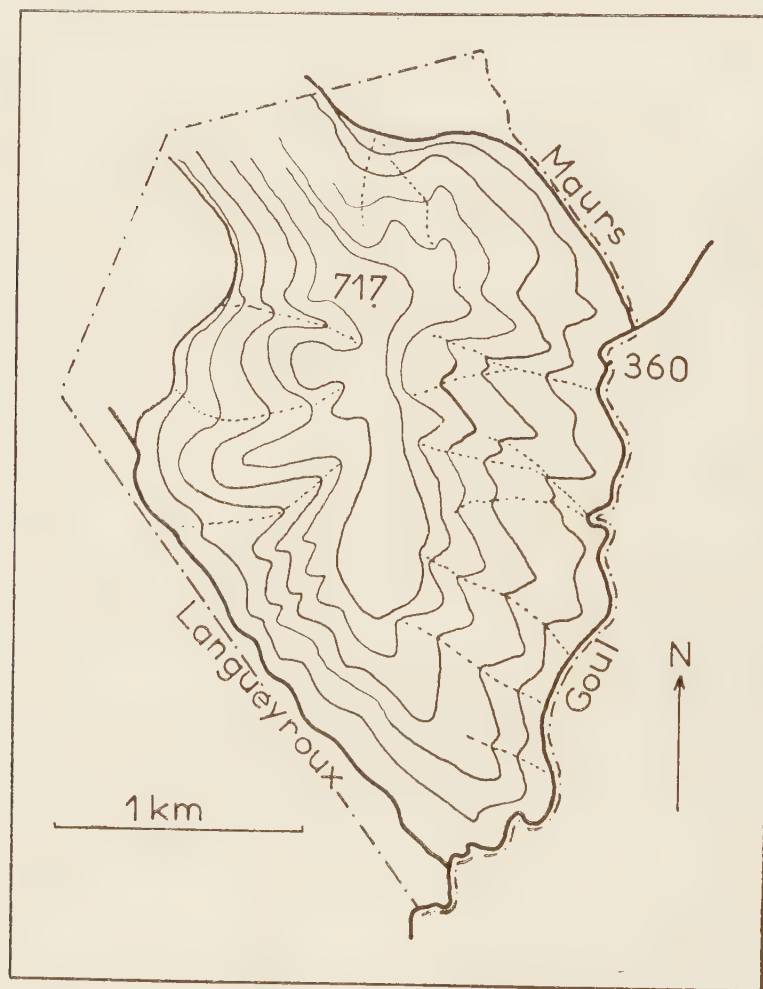


FIG. 3

Tracé en courbes du niveau de la concession de Leucamp établi d'après les photographies aériennes de P.I.G.N.

ruisseau de Maurs. Ce secteur ne comporte aucun travail minier. Les anciens ont fait quelques fouilles sur des filons minéralisés dont une au moins sur un filon Nord-Sud. La construction d'une route desservant la mine a récemment mis à jour un filon orienté Nord 20° Ouest, bien minéralisé en wolframite et d'une puissance de 0,30 m.

b) SECTEUR DE L'ÉPERON DE BANCAREL [ou secteur de la mine (2 de la fig. 4)].

Ce secteur qui renferme la presque totalité des travaux miniers fera l'objet plus loin d'une étude approfondie.



FIG. 4

Carte des secteurs minéralisés de la concession.

c) SECTEUR DU RAVIN DE LA MINE (3 de la fig. 4).

Ce secteur se présente sous la forme d'un coin engagé dans le thalweg séparant l'éperon de Bancarel de l'éperon immédiatement au Sud, celui de Roquefeuil. La pointe de ce coin, dirigée vers le bas, arrive au niveau 500 environ ; il se termine, à sa partie supérieure, au niveau 630, par un entablement en pente douce qui se raccorde aux flancs des éperons par des éboulis. D'anciens travaux miniers ont exploité dans ce secteur un filon principal orienté Nord 40° Ouest.

d) SECTEUR DE L'ÉPERON DE ROQUEFEUIL (4 de la fig. 4).

Ce secteur est situé à la partie supérieure de l'éperon de Roquefeuil. Sur le flanc Sud, à la cote 612, quelques amorces de galerie ont suivi trois filons qui se terminent sur des failles. La recherche après faille ayant échoué, ces galeries ont été abandonnées.

e) SECTEUR SUPÉRIEUR DE ROQUEFEUIL (5 de la fig. 4).

Ce secteur est situé au raccordement de l'éperon de Roquefeuil et de l'arête de la planèze. A proximité de celle-ci, une prospection minutieuse a décelé le passage d'un filon d'orientation Nord-Sud et des traces de filons d'orientation voisine de Nord 50° Ouest.

f) SECTEUR 6.

Ce secteur est le prolongement du précédent vers le Nord-Ouest. Il comprend un tronçon de l'arête supérieure et une partie de sa pente Ouest. Deux passages filoniens d'orientation Ouest ont été décelés sur l'arête. Sur la pente en rencontre des roulants bien minéralisés.

g) SECTEUR DE LA COUPE DE LA MINE (7 de la fig. 4).

Ce secteur comprend l'éperon situé immédiatement au Sud de celui de Roquefeuil. Bien que de prospection difficile, on y a trouvé quelques roulants minéralisés.

h) SECTEUR DU PLATEAU (8 de la fig. 4).

Ce secteur est le prolongement du précédent sur l'arête de la planèze. Les anciens y ont tracé sur 100 mètres un filon minéralisé de 0,50 m de puissance orienté Nord 80° Ouest, et amorcé un second filon de même direction arrêté rapidement sur une faille ; ces travaux sont recoupés par des failles et des dykes de microgranite.

i) SECTEUR DE LA SOUQUE (9 de la fig. 4).

Il est situé sur le versant Ouest, dans le prolongement des deux précédents. On y trouve quelques roulants minéralisés.

j) SECTEUR DE LA BORIE (10 de la fig. 4).

Ce secteur est entièrement recouvert d'alluvions miocènes. Un seul filon de 0,10 m de puissance et orienté au Nord-Ouest a pu être décelé dans le chemin encaissé de la Borie, il est minéralisé en wolframite et pyrite et très tourmalinisé à l'éponte.

k) SECTEUR DU COMMUNAL (11 de la fig. 4).

Ce secteur qui prolonge le précédent vers le Nord-Ouest, présente six filonnets de 0,10 m de puissance, minéralisés en wolframite et pyrite et orientés au Nord 80° Ouest. Ils se prolongent jusqu'au contact du granite avec les schistes.

Cet inventaire de points minéralisés permet d'esquisser un premier schéma global du gisement. Les indices minéralisés n'ont été trouvés que sur la partie supérieure du massif et malheureusement dans la zone de prospection difficile. Aucun indice n'a été rencontré entre la cote 365 qui est celle des rivières, et la cote 500 environ, dans une zone où la roche à nu aurait permis, les difficultés d'escalade mises à part, une prospection aisée. On peut dire que tous les indices se rassemblent dans une calotte de un km de large et deux km de long, orientée au Nord-Est.

2° Extension possible des zones exploitables.

Au moment où cette étude a été effectuée, le secteur de l'éperon de Bancarel, le seul en exploitation, s'épuisait. Aucun des secteurs précédemment décrits n'offrait d'indices suffisants pour permettre d'affirmer la présence de filons exploitables, c'est-à-dire puissants, minéralisés, étendus. Les trois secteurs flanquant l'éperon de Bancarel se présentaient de la façon suivante :

a) SECTEUR DE BANCAREL.

Les indices superficiels rencontrés sont minimes. Le niveau supérieur de l'entablement de Bancarel est en moyenne inférieur à la cote de la laverie d'où :

- impossibilité d'atteindre le gisement par travers-bancs ;
- obligation de remonter les produits à la laverie ;
- transport considérable contournant la base de l'éperon de Bancarel.

b) SECTEUR DU RAVIN DE LA MINE.

Le filon qu'il contenait a été exploité jusqu'à certaines failles. Le peu d'extension de ce secteur et le peu d'indices rencontrés sur l'arête en réduisent l'intérêt.

c) EPERON DE ROQUEFEUIL.

C'est le secteur le mieux situé topographiquement et celui montrant le plus d'indices : à l'extrémité, trois amorces de galeries perdues sur failles et sur la crête des traces de passages filoniens. Malheureusement, aucun indice intermédiaire ne permet de relier ces deux groupes extrêmes.

Dans l'intention de guider les travaux miniers, une étude minutieuse de l'éperon de Bancarel a été effectuée. L'extension de ses conclusions, étayée par les faits topographiques, à la zone minéralisée de la concession a permis d'établir une hypothèse métallogénique et structurale.

B) ETUDE DU SECTEUR DE L'EPERON DE BANCAREL

Ce secteur est situé à la partie supérieure de l'éperon de Bancarel dont l'arête est orientée Nord 55° Ouest. Le flanc Sud de cet éperon, dont les courbes de niveau sont orientées Est-Ouest, recoupe le champ filonien dont l'orientation moyenne est Nord 40° Ouest ; il a fourni de ce fait les points de départ d'une exploitation à flanc de coteau dont toutes les attaques par niveaux et travers-bancs sont connectées par des recettes étagées aux niveaux 537 — 544 — 573 — 598 — 610 — 630 — 650. Les voies de roulage établies sur ces recettes collectent les produits que des plans inclinés drainent ensuite en direction de la laverie établie à la cote 595.

Si l'on consulte les plans de mines, on se rend compte qu'amorcé sur le flanc sud de l'éperon, tout un champ filonien a été suivi et exploité en direction du Nord-Ouest, sur une longueur de 500 m, une largeur de 200 m et une hauteur de 150 m.

Il est impossible de représenter ici, sur un plan réduit, les travaux de Bancarel. L'intrication des divers niveaux, travers-bancs, petits puits, descenderies, failles, dykes de microgranite rendrait rapidement le plan indéchiffrable et ne ferait que témoigner du casse-tête journalier qu'a pu être pour le mineur l'exploitation de ce secteur. On n'en donnera à la fin de ce chapitre qu'un plan schématique soumis aux conclusions de l'étude structurale (voir page 38 la figure 5, partie Nord).

Cette étude structurale s'est décomposée en deux parties :

- l'étude des failles ;
- l'étude des filons.

1° Etude des failles.

Toutes les failles des chantiers accessibles ont été relevées. Elles ont été reportées, au nombre de 327, sur un diagramme. Leur projection stéréographique a permis de se rendre compte de l'existence de trois systèmes principaux (fig. 6) :

- un système Nord 35° Ouest de pendage 50° Nord-Est ;
- un système Nord 10° Est de pendage 85° Est ;
- un système Nord 45° Est de pendage 50° Nord-Ouest.

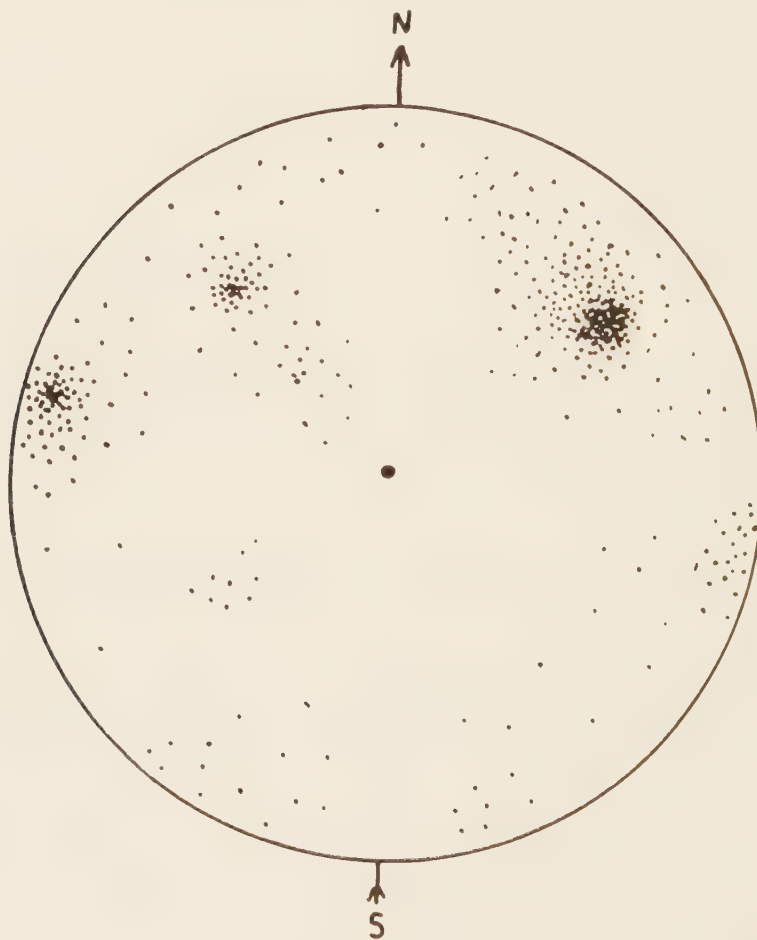


FIG. 6
Projection stéréographique des failles.

Les autres systèmes, qui ne constituaient pas de groupements importants, ont été éliminés et leurs failles considérées comme des cassures dues à la réaction des schistes plastiques aux effets mécaniques des systèmes principaux.

Le système Nord 35° Ouest est, de loin, le système dominant. Le système Nord 45° Est vient ensuite. Enfin, le système Nord 10° Est est presque négligeable.

Pour permettre une interprétation structurale deux simplifications ont été effectuées :

— le système le plus important, celui d'orientation Nord 35° Ouest et de pendage 50° Nord-Est, a seul été considéré ;

— dans ce système chaque faisceau a été considéré comme une seule faille. En effet, une observation attentive et des raccordements précis ont montré que, sur son parcours, une faille pouvait présenter, soit une cassure unique, soit un ensemble de cassures ne représentant en fait et toujours que la même faille (fig. 7).



FIG. 7

Schéma d'une cassure multiple représentant une seule faille (vue en plan, longueur 200 mètres).

Les éliminations et la simplification ainsi effectuées ont abouti au choix de six failles principales : A — B — C — D — E — F visibles sur la figure 5 (partie Nord) et sur la figure 10.

2° Etude des filons.

Le champ filonien peut être décomposé en plusieurs systèmes caractérisés chacun par une direction moyenne :

- un système Nord 80° Ouest ;
- un système Nord 60° Ouest ;
- un système Nord 40° Ouest ;
- un système Nord 20° Ouest ;
- un système Nord-Sud ;
- un système Nord 20° Est.

Tous ces filons ont un pendage de 80° vers le Nord ou vers l'Est selon leur orientation.

Pour l'étude de détail, le champ filonien a été divisé en deux zones : une zone Nord-Ouest qui, à l'abord, paraît plus simple, et une zone Sud-Est, plus complexe, dont on s'est proposé de résoudre les problèmes à la lumière de l'étude la zone précédente.

a) ZONE NORD-OUEST :

Cette zone présente un entrecroisement de tous les systèmes.

L'exploitation apporte ici une donnée capitale : seuls les filons du système Nord 40° Ouest sont exploitables étant données leur puissance qui varie de 0,20 à 0,80 m, et leur minéralisation. Les autres systèmes sont composés de filons minces dont la puissance varie de 2 à 15 cm et dont la minéralisation est peu importante.

Le relevé détaillé de certains croisements caractéristiques montre que l'ordre chronologique d'impression des systèmes est Nord 80° Ouest — Nord 60° Ouest — Nord 40° Ouest — Nord 20° Est — Nord-Sud, chaque système recoupant le ou les systèmes précédents.

Les filons Nord 40° Ouest sont les plus abondants, viennent ensuite ceux du système Nord 60° Ouest et Nord 20° Ouest ; ensuite ceux du système Nord 80° Ouest, enfin ceux

du système Nord 20° Est. Le système Nord-Sud n'est représenté que par deux filonnets recoupés par une recherche à 598 (fig. 8), un tronçon suivi sur 15 m au 610 Ouest et un tronçon suivi sur 15 m au 650 A, tous ces tronçons étant dans le même alignement (C 1 de la figure 5, partie Nord).

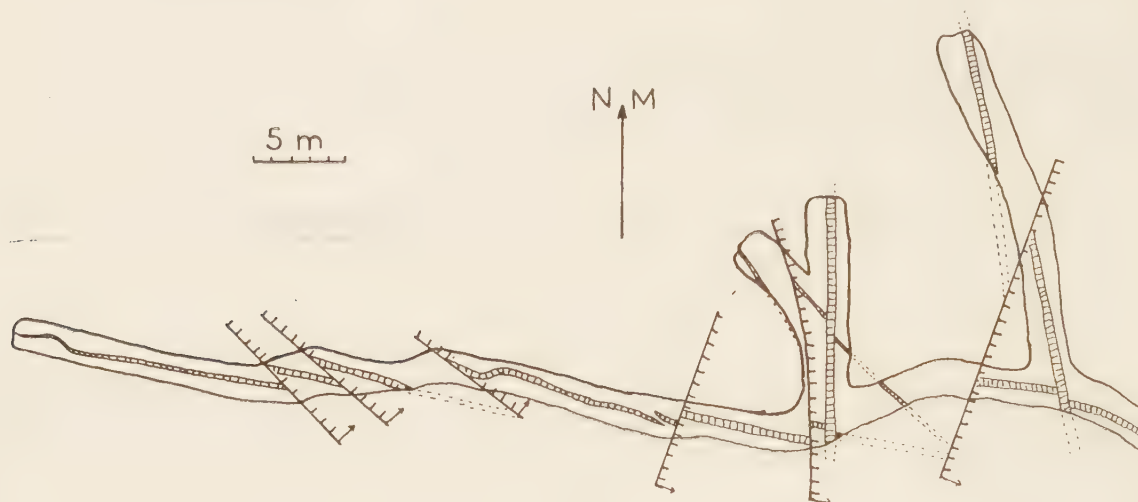


FIG. 8

Relevé détaillé d'une recherche au niveau 598. On peut y remarquer que le système Nord-Sud recoupe les systèmes N 80° W et N 40° W.

b) ZONE SUD-EST :

Les conclusions de l'étude de la zone Nord-Ouest fournissent une clé à l'étude de la zone Sud-Est qui, à l'abord, paraissait indéchiffrable. Cette zone, en effet, diffère de la précédente sur deux points :

— la présence d'un double filon Nord-Sud puissant et exploitable (C2 de la figure 5, partie Nord) ;

— le fait qu'au lieu de montrer des intersections nettes, les filons s'entrelacent, s'interpénètrent, se nourrissent, profitant des cassures antérieures, en déviant leur cours.

La figure 9 montre un relevé détaillé de la galerie 539 B qui, amorcée sur un filon Nord-Sud, digite ensuite sur un réseau de filons à directions multiples. A l'examen on se rend compte que tous les systèmes sont ici représentés ; on peut, en outre et surtout, remarquer que :

— en a et en b : des filonnets de direction Nord 80° Ouest sont recoupés par un filon Nord 40° Ouest ;

— en c et en d : les mêmes filonnets sont recoupés par un filonnet Nord 20° Ouest ;

— en e : le cours d'une cassure Nord 60° Ouest est emprunté par un filon Nord 40° Ouest ;

— en f : la même cassure Nord 60° Ouest est nourrie par un filon Nord-Sud ;

— en g : un filonnet Nord 60° Ouest est recoupé par un filon Nord 40° Ouest ;

— en h : le même filonnet est recoupé par un filon Nord-Sud ;

— en i et en j : un filon Nord 40° Ouest est recoupé par un filonnet Nord 20° Ouest ;

— en k : le même filon est recoupé par un filonnet Nord 20° Est ;

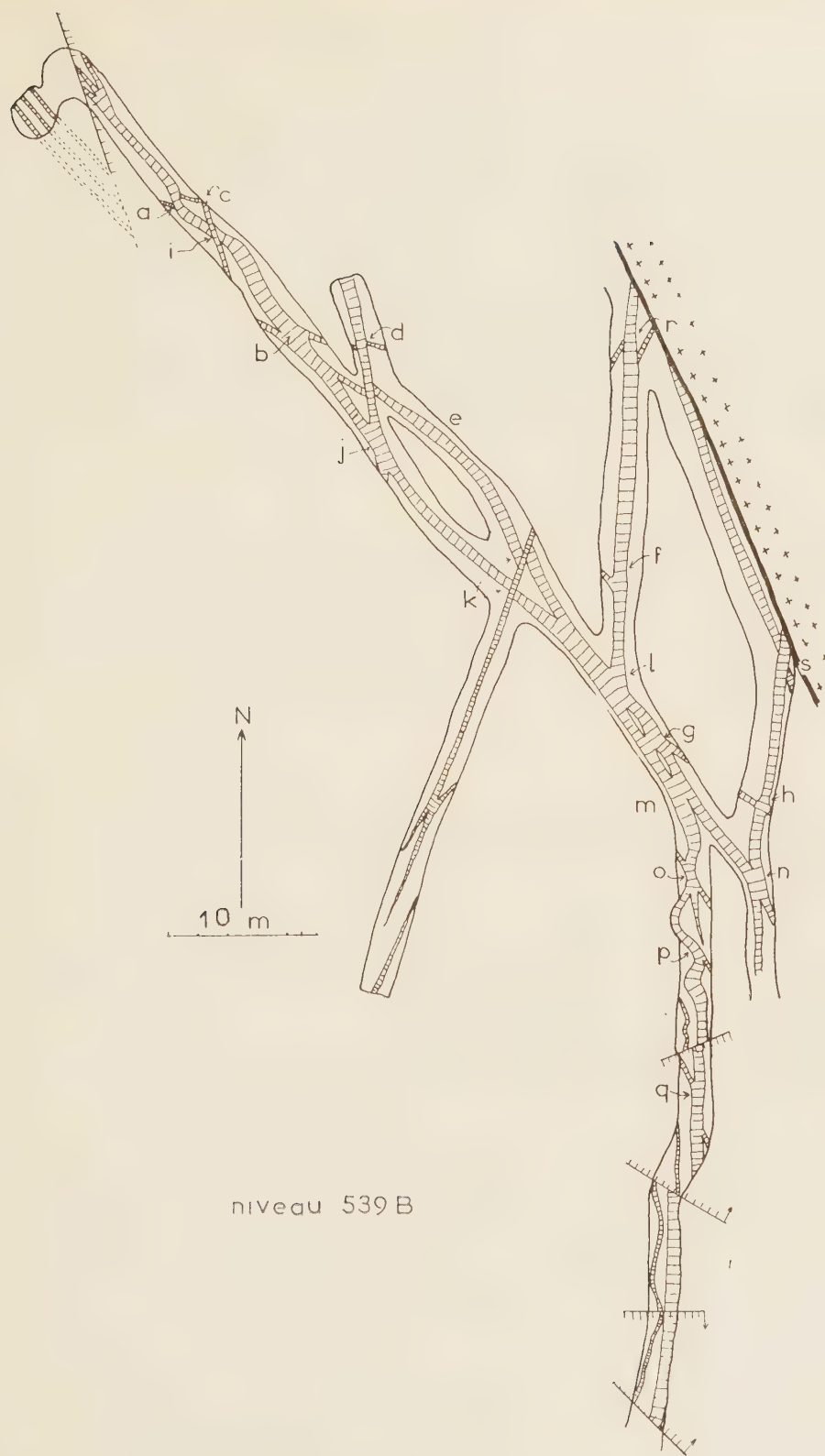


FIG. 9
Relevé détaillé de la galerie 539 B.

- entre m et l : le cours du même filon est emprunté par un filon Nord-Sud qui pénètre en m et ressort en l ;
- en n : le même filon est recoupé par un second filon Nord-Sud ;
- en o et en p : deux filonnets Nord 40° Ouest tentent un filon Nord-Sud qui zigzague, empruntant leur cours sur une courte distance ;
- en q et en s : un filonnet Nord 20° Ouest est recoupé par un filon Nord-Sud ;
- en r : un filonnet Nord 20° Est est recoupé par un filon Nord-Sud.

L'étude de cette zone aboutit aux mêmes conclusions que celle de la zone précédente, à savoir : que les systèmes ont suivi un ordre d'inscription allant de Nord 80° Ouest à Nord 20° Est avec un retour final à la direction Nord-Sud. L'inscription de ces filons, et surtout celui de direction Nord-Sud est moins ferme que dans la zone précédente, car les filons empruntent parfois des cassures d'autres systèmes. Enfin, le système Nord-Sud est représenté ici par deux filons puissants et exploitables.

c) ETUDE DES TERMINAISONS FILONIENNES :

Bien que la puissance des filons exploités diminue en direction du Nord-Ouest, aucun traçage n'a été abandonné dans cette direction sur une terminaison filonienne. Tous les filons, que ce soit en direction ou en profondeur, se terminent sur des failles. En direction, l'arrêt sur faille est distant de 600 m du contact granitique. En profondeur, les filons NW sont également limités par des failles à un niveau qu'on peut placer aux environs de la cote 500.

3° Etude minéralogique des filons.

Les filons des systèmes Nord 80° Ouest à Nord 20° Est se différencient du point de vue minéralogique de ceux du système Nord-Sud.

a) FILONS DU SYSTÈME NORD 80° OUEST A NORD 20° EST.

Les micaschistes des épontes sont très tourmalinisés. Le quartz des filons est blanc, à éclat gras et à cassure conchoïdale. Les minéraux inclus dans le quartz sont peu nombreux : mica blanc disséminé, wolframite et pyrite. Un seul filon orienté Nord 20° Est a montré un peu de chalcopryrite.

La minéralisation en wolframite est répartie de façon régulière, on peut seulement noter un accroissement de la teneur aux abords des failles.

b) FILONS NORD-SUD.

Les micaschistes des épontes de ces filons sont peu ou pas tourmalinisés. Le quartz des filons est blanc, opaque, à éclat porcelainé. Dans ce quartz on trouve :

- de la muscovite abondante souvent concentrée en nids ;
- de la tourmaline, assez rare, en aiguilles rayonnantes, d'une teinte plus claire que celle des épontes et d'une taille de 1 à 3 cm ;
- de la wolframite ;
- un peu de scheelite ;
- de la pyrite plus abondante que la wolframite ;
- de la chalcopryrite assez rare ;
- de l'apatite parfois assez abondante et en cristaux groupés.

La minéralisation, moins importante que dans les systèmes précédents, est assez irrégulièrement répartie en passages minéralisés et en passages stériles.

4° Reconstitution structurale de l'éperon de Bancarel.

Pour cette reconstitution, seuls les filons Nord 40° Ouest ont été pris en considération.

La figure 5 Nord, qui représente le gisement de façon fort simplifiée, indique la trace des quatre coupes verticales et perpendiculaires aux failles, qui ont été ensuite superposées pour composer la figure 10.

Il apparaît immédiatement que le gisement est composé de deux filons principaux de direction Nord 40° Ouest qui ont été étalés vers le Nord-Est par un système de failles orienté Nord 30° Ouest et pendant de 50° vers le Nord-Est.

Le troisième filon important est celui de direction Nord-Sud, situé dans la zone Sud-Est, qui, après avoir emprunté le cours du filon inférieur Nord 40° Ouest, ressort, décalé vers l'Ouest, comme l'indique la figure 5 (C 2 partie Nord). Il subit également un étalement en tronçons.

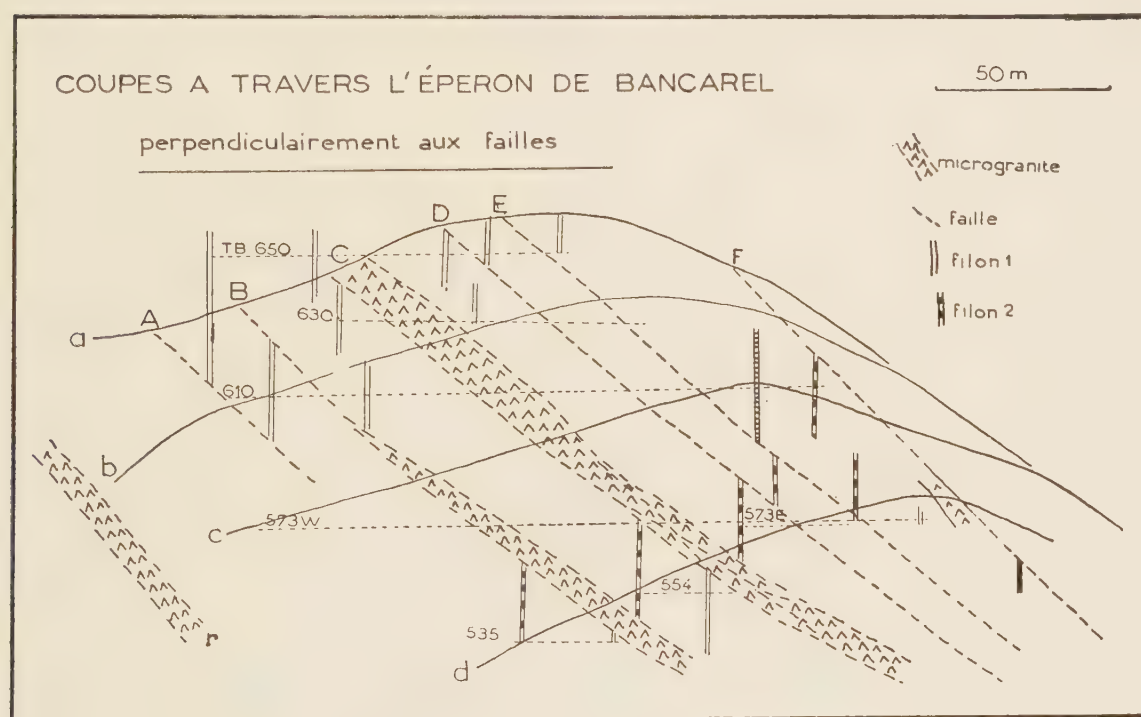


FIG. 10

Cette figure a été composée en superposant les 4 coupes a - b - c - d indiquées sur la figure 5 partie Nord.

On peut, sur coupe (fig. 10), mesurer le rejet des failles selon la ligne de plus grande pente :

- le rejet de la faille A est inconnu ;
- le rejet de la faille B est de 40 m ;
- le rejet de la faille C est de 40 m ;
- le rejet de la faille D est de 20 m ;
- le rejet de la faille E est de 28 m ;
- le rejet de la faille F est inconnu.

On voit que, sur une distance horizontale de 100 m perpendiculaire à la direction des failles, le rejet cumulé selon une ligne de plus grande pente est de 128 m soit, pour un décalage horizontal de 100 m, un décalage vertical de 84 m.

Tout se passe comme si, schématiquement reproduit par la figure 11, un réseau filonien avait été étalé presque horizontalement par un faisceau de failles parallèles. Ce réseau filonien, peu dense, aurait été divisé en tronçons compris dans des tranches limitées par deux failles successives. Chaque tranche aurait glissé sur la tranche inférieure et aurait subi un rejet particulier par rapport à cette tranche, et, par rapport au réseau initial, un rejet total égal à la somme des rejets particuliers des tranches inférieures, augmenté de son propre rejet particulier.

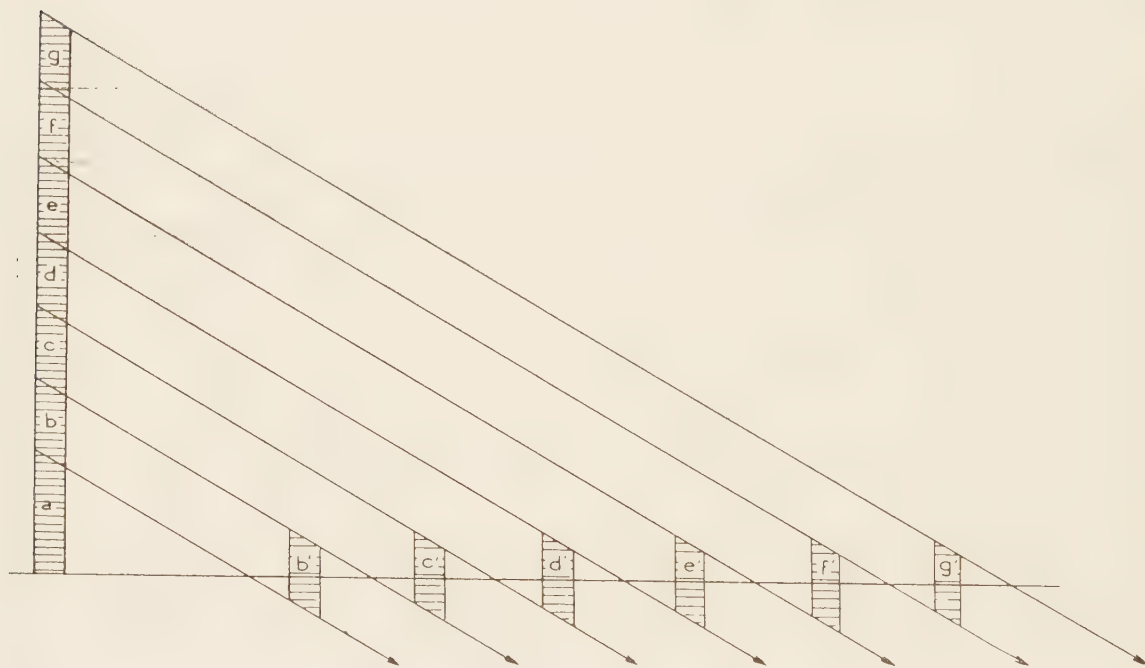


FIG. 11

Ce schéma représente une coupe verticale perpendiculaire aux failles d'un gisement soumis à la tectonique suivante : un faisceau filonien, représenté à gauche, est étalé horizontalement par un système de failles qui le débite en tronçons.

Cet étalement en tronçons explique pourquoi le pied des filons s'arrête brusquement sur des failles et pourquoi on ne trouve plus en profondeur aucune trace de gisement.

Le fait qu'en plan les failles orientées Nord 30° Ouest soient obliques sur les filons orientés Nord 40° Ouest indique pourquoi ceux-ci sont coupés en biseaux et explique également pourquoi, en avançant vers l'Ouest, les travaux ont toujours buté sur les failles et n'ont jamais atteint l'extrémité du gisement (schématisé par la figure 5).

On peut enfin, sur la figure 10, faire trois remarques qui semblent ici d'ordre secondaire, mais dont l'importance apparaîtra dans la reconstitution structurale de la concession.

1° le report, sur la figure, des dykes de microgranite montre que ceux-ci empruntent le trajet des failles ;

2° le flanc Nord de l'éperon de Bancarel forme un plan parallèle aux failles et peut coïncider avec une faille importante ;

3° le flanc Sud de l'éperon de Bancarel accolé au plateau et au secteur du ravin de la mine aboutit sur le terrain à un petit ravin qui coïncide avec un dyke de micro-granite (en r sur la fig. 10) donc avec une faille.

C) RECHERCHE D'UNE REGLE PRATIQUE POUR LE PASSAGE DES FAILLES

Un des problèmes les plus difficiles et les plus fréquents qui se posent au mineur traçant un filon est, lors de la rencontre d'une faille, la recherche du filon de l'autre côté

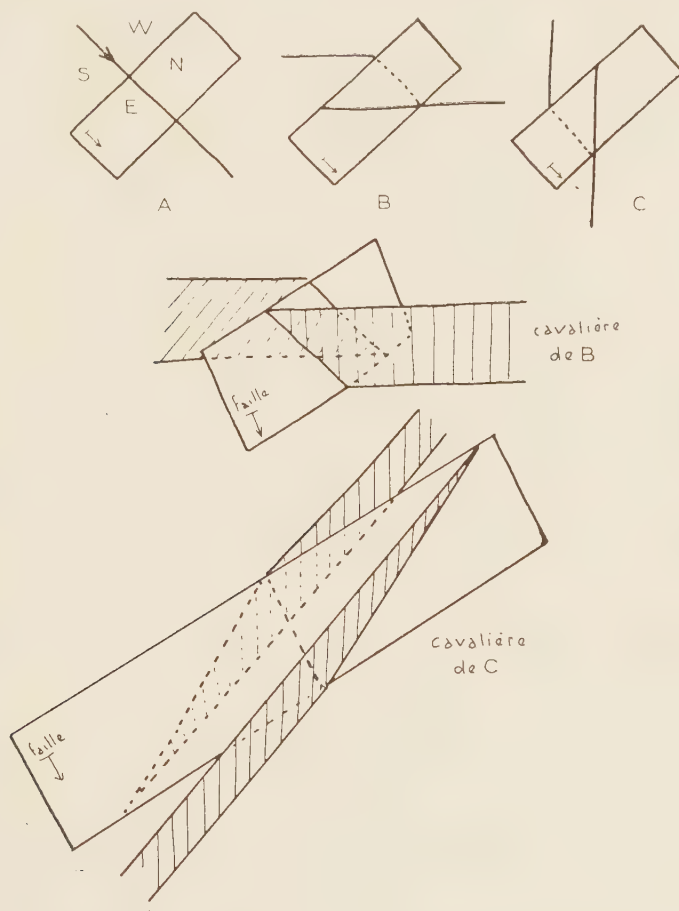


FIG. 12

Vue en plan des rejets d'un filon par une faille orientée N 45° W. En A le filon est perpendiculaire à la faille. En B le filon est situé dans le quart Sud. En C le filon est situé dans le quart Ouest.

de cette faille. L'étude des failles de Leucamp a permis d'établir une règle simple et pratique, voici par quel raisonnement.

Soit une faille orientée Nord 45° Ouest dont le pendage est Nord-Est et dont le glissement s'est effectué selon la ligne de plus grande pente. Supposons que les travaux l'abordent par son mur.

On voit sur la figure 12 a que si le filon est orienté Nord 45° Est, il n'est pas rejeté.

Ce filon et la faille divisent le plan en quatre secteurs : Nord, Sud, Est, Ouest. Les filons abordant la faille par le mur peuvent être classés en deux groupes : ceux compris dans le secteur Ouest (en ce qui concerne la mine, les filons Nord 80° et Nord 60° Ouest) et ceux compris dans le secteur Sud (Nord 40° Ouest, Nord 20° Ouest, Nord-Sud et Nord 20° Est).

La figure 12 b montre que les travaux, traçant un filon du secteur Sud, doivent tourner à l'Est après avoir traversé la faille, pour retrouver le filon rejeté. Les travaux traçant un filon du secteur Ouest doivent tourner au Nord (fig. 12 c). Mais dans les deux cas, on peut remarquer que le rejet est situé du côté de l'angle aigu que font en plan le filon et la faille.

On aboutit à la même conclusion si l'on aborde la faille par son toit et également si l'on considère le système de failles orienté Nord 45° Est et penté au Nord-Ouest.

D'où la règle suivante pour les failles de Leucamp orientées Nord-Ouest et Nord-Est : quand un filon est recoupé par une faille, il faut rechercher son rejet du côté de l'angle aigu que fait la faille avec le filon.

Pour une faille donnée, c'est-à-dire pour un rejet de faille donné, on voit que le rejet horizontal du filon sera maximum quand la direction du filon se rapprochera de celle de la faille, c'est-à-dire que l'angle aigu tendra vers 0° , et minimum quand la direction du filon se rapprochera de la perpendiculaire à la faille, c'est-à-dire quand l'angle aigu tendra vers 90° . Mais une règle qui énoncerait que « plus l'angle est aigu, plus le rejet est grand », ne serait valable et de façon relative que pour une même faille et ne pourrait être généralisée, les failles ayant des rejets différents.

Remarque : Le fait que cette règle n'ait jamais été mise en défaut pendant deux ans (1947-1949) démontre que le sens du glissement des failles dans leur plan est peu différent de la ligne de plus grande pente.

D) ETUDE STRUCTURALE D'ENSEMBLE DU GISEMENT

Le schéma structural qui conclut l'étude particulière du secteur de l'éperon de Bancarel peut s'insérer facilement dans le schéma structural d'ensemble auquel avait abouti l'étude régionale. Les précisions qu'il apporte éclairent d'un jour nouveau certains aspects et vont permettre de pousser beaucoup plus loin l'étude de la concession.

Un fait se confirme, qui déjà était pressenti au cours de l'étude régionale : la concession de Leucamp, accolée à l'accident Nord du horst de Couesque, a été soumise à la tectonique Nord-Ouest dont les effets sont chez elle prépondérants et déterminants. Les effets des tectoniques Nord-Sud et Nord-Est apparaissent secondaires et d'amplitude beaucoup moindre.

L'éperon de Bancarel apparaît comme un pan limité par le flanc Nord de l'éperon et le ravin Sud ; ces deux limites présentent tous les caractères des failles principales. Jointe au fait que les microgranites empruntent le cours de failles et qu'ils sont très abondants dans les deux ravins parallèles du Langueyroux et de Maurs qui limitent la concession, cette interprétation mène à penser que la topographie tourmentée du plateau

de Leucamp a été façonnée par une érosion strictement dirigée par un système de failles Nord-Ouest.

Si l'on essaye d'interpréter cette topographie avec, comme grille, un faisceau de failles parallèles Nord-Ouest, de même nature que celles de Leucamp, un certain découpage apparaît, appuyé sur les flancs des éperons et l'allure des filons de microgranite, tel que le montre la figure 13.

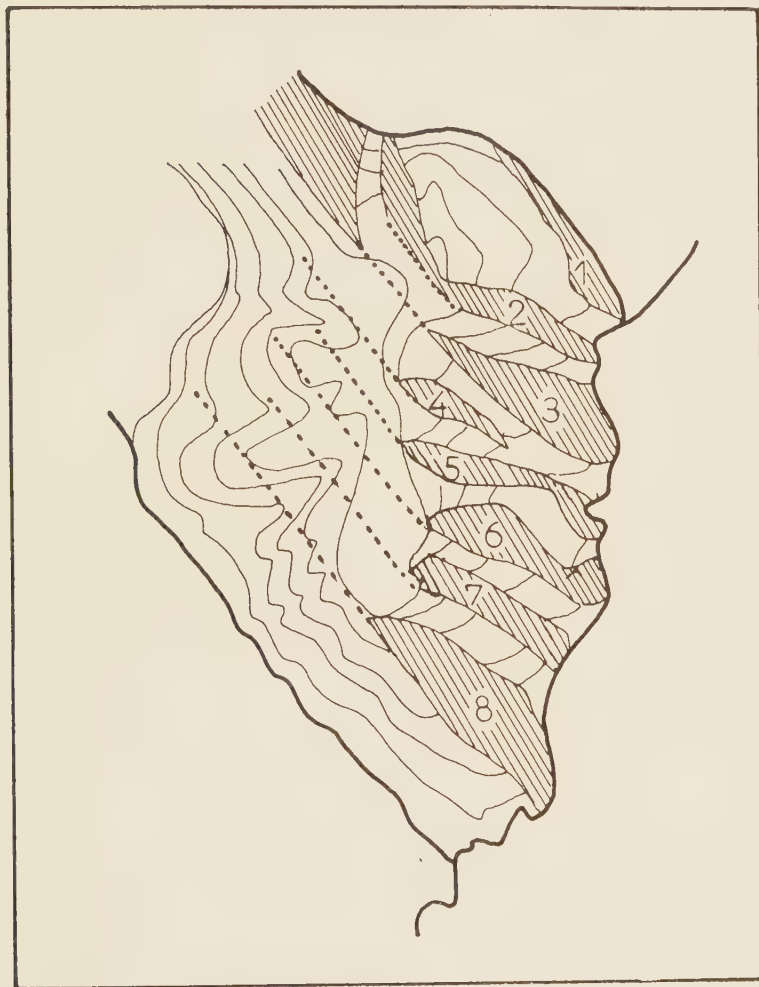


FIG. 13

Ordonnance des failles selon les ravins et facettes du flanc Est de la concession de Leucamp.

Sont ainsi mises en lumière :

- la faille 1 qui détermine le lit du ruisseau de Maurs et la facette qui le côtoie,
- la faille 2 qui détermine le flanc Nord de l'éperon de Bancarel et qui cause l'entablement du village de Bancarel,

- la faille 3 qui détermine le flanc Nord de l'éperon de Roquefeuil et le ravin Sud de l'éperon de Bancarel.
- la faille 4 qui détermine le ressaut de l'éperon de Roquefeuil et qui, causant l'escarpement de Trapouet et favorisant l'éboulement crée, de pair avec le ruisseau, l'entablement du ravin de la mine.
- la faille 5 qui détermine le flanc Nord de l'éperon de la coupe de la mine ;
- les failles 6, 7, 8 qui déterminent les faces Nord des 3 éperons suivants.

Si l'on compare la topographie ainsi dégagée et le découpage en secteurs de la concession, choisi au départ pour la prospection de la concession comme s'adaptant à la répartition des indices, on peut établir la corrélation suivante (fig. 4 et 13) :

- le secteur 1 de Bancarel est compris entre les failles 1 et 2 ;
- le secteur 2 de l'éperon de Bancarel entre les failles 2 et 3 ;
- le secteur 3 du ravin de la mine entre les failles 3 et 4, partie Ouest ;
- le secteur 4 de Roquefeuil entre les failles 3 et 5 à l'Est ;
- le secteur 5 entre les failles 3 et 5 sur le plateau ;
- le secteur 6 entre les failles 3 et 5 sur le versant Ouest ;
- le secteur 7 de la coupe de la mine entre les failles 5 et 6 à l'Est ;
- le secteur 8 du plateau entre les failles 5 et 6 sur le plateau ;
- le secteur 9 entre les failles 5 et 6 à l'Ouest ;
- le secteur 10 de la Borie entre les failles 6 et 8 à l'Est ;
- le secteur 11 du communal entre les failles 6 et 8 à l'Ouest.

Il est permis maintenant de concevoir qu'à l'image du pan de l'éperon de Bancarel, une pile de pans ont ici glissé les uns sur les autres suivant les failles principales qui viennent d'être caractérisées. L'argument majeur est le suivant : à Bancarel, les filons ne descendent pas au-dessous du niveau 530 ; ce fait est dû à ce que les tronçons du filon sont perchés sur des failles et que l'étalement est subhorizontal. La même remarque peut être faite pour toute la zone minéralisée de la concession ; aucun flanc de ravin, sous la même cote, n'a donné d'indice filonien ; seule la crête en a donné.

Il paraît donc permis d'étendre à la concession les conclusions auxquelles a abouti l'étude de Bancarel et d'émettre l'hypothèse suivante s'appliquant à la structure locale du gisement. Tout se passe comme si un réseau filonien avait été étalé horizontalement par un faisceau de failles parallèles de direction Nord 30° - 50° Ouest et de pendage 30 à 50° Nord-Est. Ce réseau filonien peu dense aurait été divisé en pans, chaque pan étant compris entre deux failles principales. A l'intérieur de ces pans, des failles secondaires, découpant des tranches, ont pu parfaire l'étalement.

Le secteur de Bancarel étant éloigné de 1,5 km de celui du communal, on voit que la division de cette distance en cinq pans implique, pour chaque pan, un rejet horizontal de 300 m et un rejet suivant la ligne de plus grande pente des failles (glissement) de 420 mètres. Si l'on se rapporte au secteur de l'éperon de Bancarel où les failles secondaires assument 80 % du rejet total, soit pour un pan $420 \times 0,8 = 336$ m, on voit que que le rejet des failles principales doit être de 84 m pour que l'étalement soit horizontal, ce qui reste dans le domaine des choses possibles, le rejet des failles secondaires de l'éperon de Bancarel étant de l'ordre de 15 à 40 mètres.

Il est probable que l'étalement n'a pas été géométriquement régulier selon le pendage et la direction des failles. De l'étude des perturbations possibles de cet étalement ressortent plusieurs notions dont la compréhension semble indispensable à la recherche des extensions du gisement.

E) ENSEIGNEMENTS TIRES DE LA TECTONIQUE - NOTIONS FONDAMENTALES

Ces différentes notions sont :

1. — La notion d'amplitude du rejet des failles principales ;
2. — La notion de décalage latéral des pans ;
3. — La notion d'épaisseur des pans ;
4. — La notion de failles secondaires ;
5. — La notion de pente d'étalement ;
6. — La notion de limite d'un filon en direction.

1° Notion d'amplitude du rejet des failles principales.

Considérons un étalement irrégulier. Selon l'importance de leur rejet, les pans ont pu être plus ou moins érodés (fig. 14). A l'intérieur de ces pans, la zone minéralisée interceptée par les failles principales a pu complètement disparaître, ou subsister partiellement, ou ne pas être touchée par l'érosion. Dans le second cas, la zone minéralisée affleurerait ; dans le troisième cas, elle sera cachée par la partie stérile de son propre pan ou par le pan supérieur.

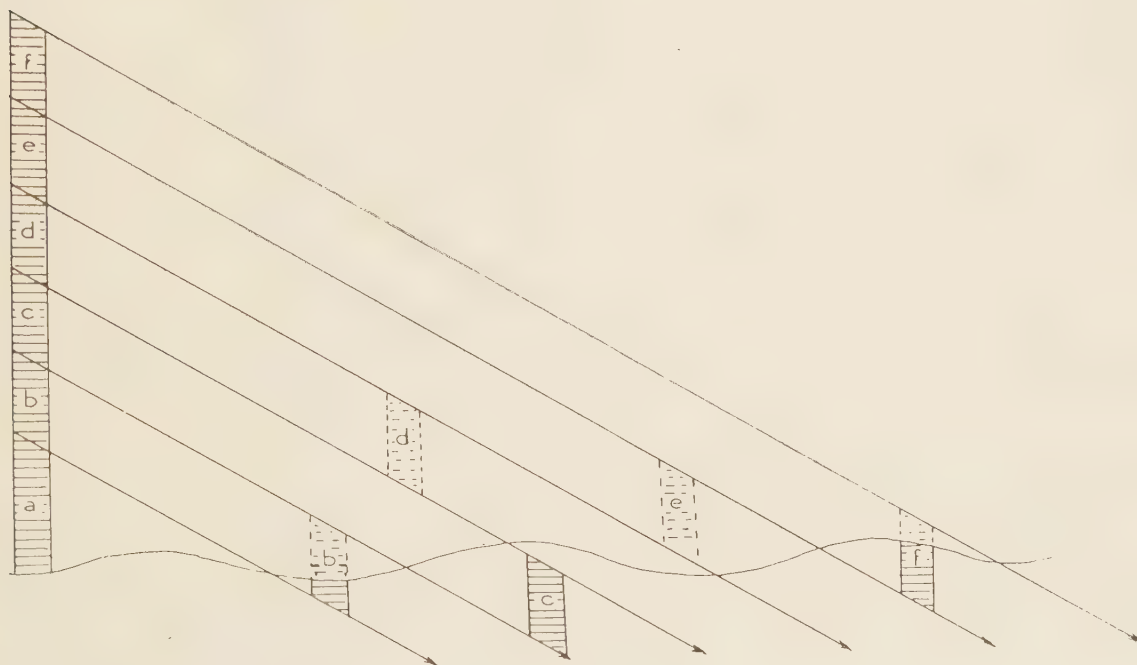


FIG. 14

Schéma illustrant la notion d'amplitude du rejet des failles principales.

Considérons, au contraire, un étalement dont l'ensemble des tronçons minéralisés s'ordonne sensiblement suivant un plan. Si ce plan est penté dans le sens des failles, l'érosion n'a pu laisser subsister que les tronçons éloignés de la racine. Si le plan est penté en sens inverse des failles, seuls les tronçons proches de la racine ont pu échapper

à l'érosion. Si, enfin, le plan est horizontal, les tronçons ont pu subir une érosion sensiblement égale.

2° Notion d'épaisseur des pans.

L'épaisseur des pans peut varier. On peut la supposer à peu près constante, mais on peut la supposer très variable (fig. 15). Plus les pans sont épais, plus la hauteur des tronçons filoniens est grande.

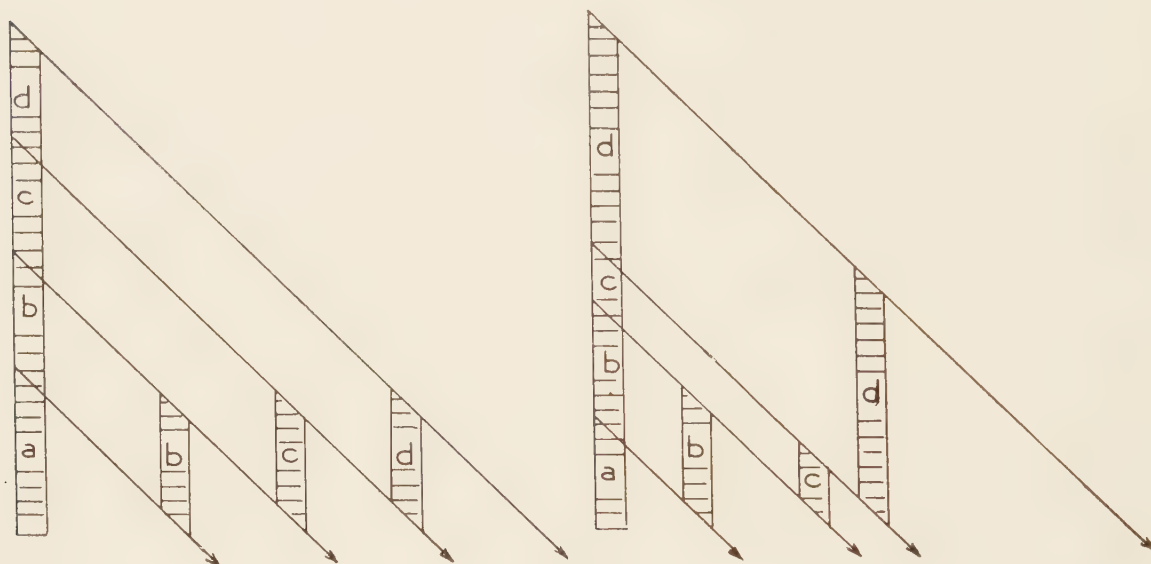


FIG. 15

Schémas illustrant la notion d'épaisseur des pans. Le schéma de gauche montre la répartition des tronçons filoniens dans le cas d'un espacement régulier des failles. Le schéma de droite montre l'influence d'un espacement irrégulier des failles sur la hauteur des tronçons filoniens.

3° Notion de décalage latéral des pans (Fig. 16).

Les pans n'ont pas forcément glissé suivant la ligne de plus grande pente des failles. Dans le cas d'un glissement régulier, la limite latérale des tronçons est rectiligne. Dans le cas d'un décalage irrégulier des pans, cette limite n'est pas rectiligne. Dans le cas d'un glissement régulier, la limite Sud des tronçons est orientée au Nord-Est ; la vallée du Goul étant Nord-Sud, cette limite peut s'en écarter et les tronçons minéralisés être coupés par les failles avant la vallée qui est formée dans ce cas par les parties stériles des pans.

4° Notion de densité des failles secondaires (Fig. 17).

Ces failles secondaires sont des failles parallèles aux failles principales divisant les pans en tranches. Leur connaissance est pleine d'intérêt pour l'exploitation ; leur densité, qui détermine leur espacement, règle en effet la hauteur des tronçons de filon qu'elles limitent, influençant ainsi directement la méthode d'exploitation.

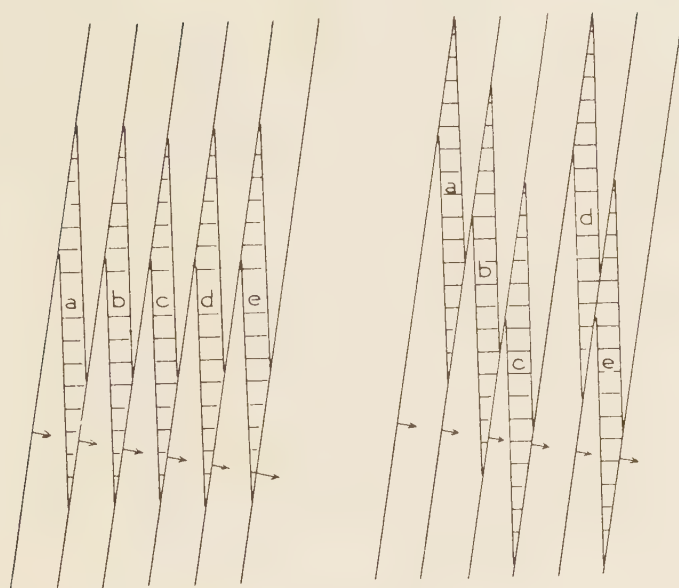


FIG. 16

Schéma illustrant la notion de décalage latéral (vue en plan).

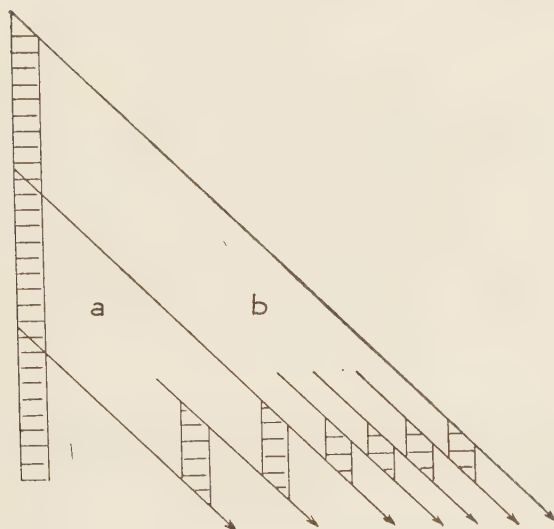


FIG. 17

Schéma illustrant la notion de densité des failles secondaires (vue en coupe).

5° Notion de pente d'étalement à l'intérieur des pans.

Dans l'éperon de Bancarel, l'étalement n'est pas horizontal ; la pente de base du gisement étalé est en moyenne de 10° en sens inverse du pendage des failles.

Si le phénomène de Bancarel se reproduit, on voit sur la figure 18 qu'une possibilité se présente pour un éperon de contenir un gisement sans pour cela qu'un affleurement apparaisse sur la crête.

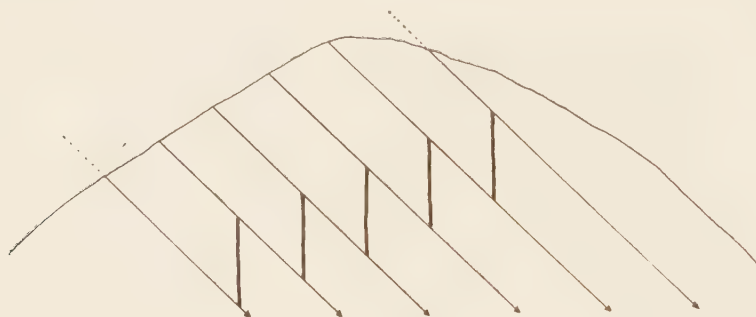


FIG. 18

Schéma illustrant la notion de pente d'étalement et montrant la coupe d'un éperon contenant tous les tronçons d'un pan sans pour cela qu'un affleurement l'indique à l'aplomb en surface.

Il se peut que l'étalement soit très loin de l'horizontale. Ce cas peut être créé par des failles à faible rejet. Dans ce cas, la figure 19 montre que le champ filonien gagne en hauteur et en allongement en direction, ce qu'il perd en largeur.

6° Notion d'angle d'incidence des failles sur les filons.

La figure 20 montre deux exemples de découpage d'un filon par deux failles. Dans le premier cas, l'angle horizontal d'incidence de la faille sur le filon est faible et la bande découpée est peu pentée ; les niveaux d'exploitation la découperont en parallélogrammes aigus. Dans le second cas, l'angle d'incidence est plus ouvert et la bande plus pentée, les parallélogrammes moins aigus formeront des panneaux d'exploitation plus facile.

On peut également concevoir, d'après la figure 21, qu'il est possible, dans certains cas, qu'un étalement de tronçons filoniens apparaisse au pied et en tête d'un éperon sans pour cela affleurer dans la partie intermédiaire.

F) APPLICATION DES NOTIONS PRECEDENTES

1° Application à la recherche des extensions immédiates du gisement.

Les secteurs flanquant celui de l'éperon de Bancarel dont l'exploitation se termine sont :

- au Nord-Est, le secteur de Bancarel ;
- au Sud-Ouest, le secteur de Roquefeuil.

Considérons ces deux secteurs :

a) SECTEUR DE BANCAREL

Il constitue un pan limité par deux failles principales : la faille 1 indiquée par le ruisseau de Maurs, et la faille 2 marquée par le flanc Nord de l'éperon de Bancarel.

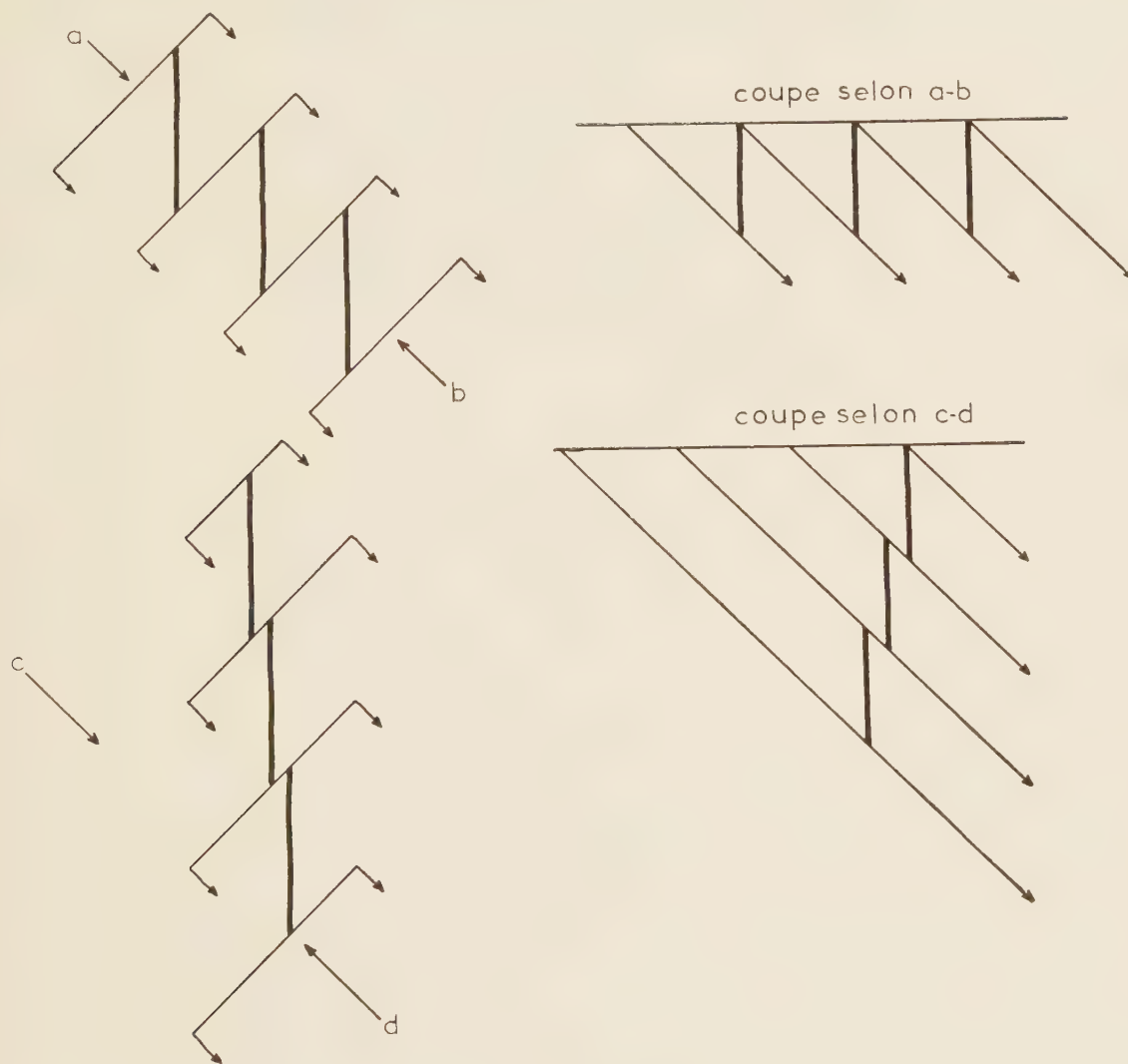


FIG. 19

Schéma illustrant la notion de pente d'étalement et montrant que dans le cas d'un étalement très penté (exemple du bas) le champ filonien gagne en allongement et en hauteur ce qu'il perd en largeur. L'exemple du haut montre, pour comparaison, un étalement horizontal.

Sur l'entablement qui le limite en hauteur à une cote moyenne de 550, ainsi que sur les premières pentes, on trouve quelques affleurements filoniens.

Deux hypothèses peuvent ici être émises, suggérées par la notion d'amplitude des rejets des failles principales (fig. 14) :

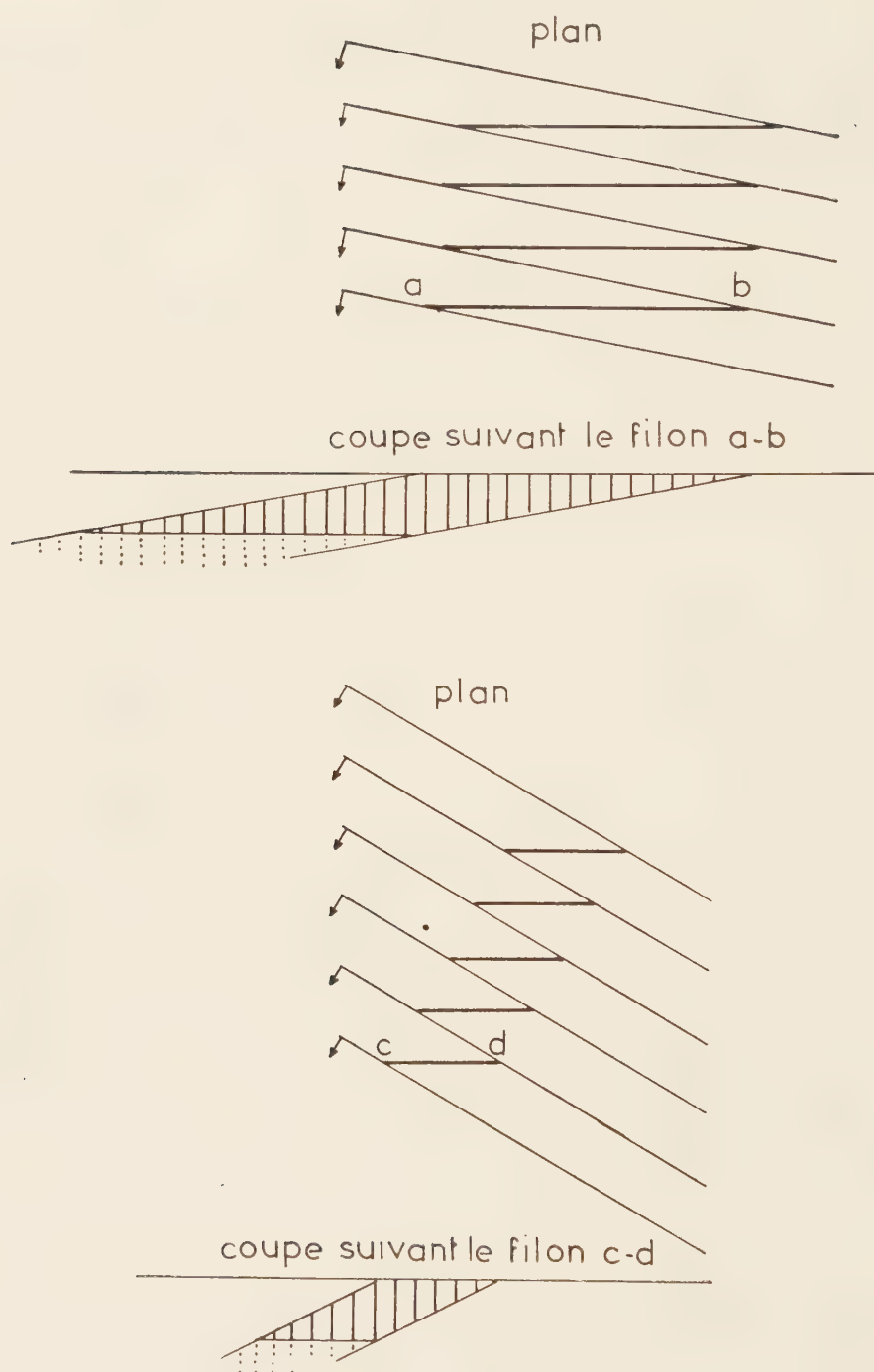


FIG. 20

Schéma illustrant la notion d'angle d'incidence des failles sur les filons.

- les affleurements correspondent aux pieds de tronçons filoniens maintenant érodés ;
- le secteur de Bancarel correspond à un pan qui a glissé plus bas que le plan de l'éperon de Bancarel.

Seuls, des travaux de recherches peuvent résoudre ce dilemme.

Mais, dans le meilleur des cas, le second, l'exploitation posera les problèmes qui ont déjà été évoqués : difficultés de transport des produits et obligation de les remonter à la laverie.

b) SECTEUR DE ROQUEFEUIL

Ce secteur serait d'exploitation plus facile ; il est situé entre des cotes analogues à celles de l'éperon de Bancarel, à proximité et au-dessus de la laverie. D'autre part, il n'est pas, comme celui de Bancarel, un secteur terminal, mais précède tous les secteurs de la zone Sud. On peut donc prévoir, en cas d'exploitabilité, que les voies principales d'accès pourront servir à l'exploitation des secteurs suivants.

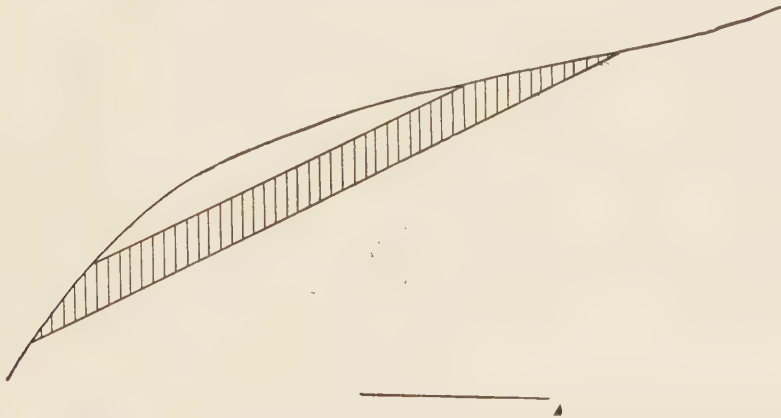


FIG. 21

Coupe à travers un éperon hypothétique montrant une bande filonienne limitée par deux failles secondaires et n'affleurant pas dans la partie médiane de l'éperon.

L'éperon de Roquefeuil n'a livré à l'exploitation que deux sortes d'indices :

- sur le flanc Sud, à la cote 612, trois traçages abandonnés sur failles ont été amorcés (Secteur 4) ;
- sur le rebord du plateau, à la cote 700, des indices bien marqués, en place, indiquent des passages filoniens.

L'arête qui sépare ces deux zones, sur une longueur horizontale de 400 m, ne montre aucun affleurement.

Ce pan présente donc des affleurements filoniens espacés de 100 m verticalement et de 400 m horizontalement. Il semble bien qu'on se trouve au niveau du tronçon de faisceau filonien qu'il recèle.

Le fait que les filons n'affleurent pas sur l'arête peut être expliqué par la notion de pente d'étalement à l'intérieur du pan (fig. 18) ou par la notion d'angle d'incidence des failles sur les filons (fig. 21).

En conclusion, des travaux de recherches superficiels par tranchées, puis de reconnaissance par travers-bancs s'imposent sur l'éperon de Roquefeuil.

L'exploitation pourra progresser par étages successifs aux cotes 537, 567, 598, 625, 650. La cote 650 est celle d'un travers-bancs amorcé sur le flanc du plateau au-dessus du lambeau du ravin de la mine ; dirigé vers le Sud-Ouest, ce travers-bancs paraît bien situé pour une reconnaissance sous les secteurs 5 et 6.

2° Application des notions à l'étude des diverses structures minéralisées de la concession :

La vallée du Goul offre une coupe Nord-Sud des pans successifs. Trois tronçons minéralisés y affleurent : celui de Bancarel, celui de l'éperon de Bancarel, celui de Roquefeuil. Le tronçon de Bancarel semble situé plus bas que celui de l'éperon de Bancarel ; son pan aurait glissé plus bas. Le tronçon de Roquefeuil, si l'on en croit la limite jusqu'à laquelle on peut suivre la minéralisation, se trouve situé à peu près à même hauteur que le tronçon de l'éperon de Bancarel.

D'après la notion d'amplitude du rejet des failles principales (fig. 14), on pourrait croire que les pans suivants, qui ne fournissent aucun affleurement, ont été érodés, ou que les indices trouvés sur le plateau appartiennent aux pieds de filons érodés. Ceci serait vrai si la coupe du Goul était placée perpendiculairement aux failles, en plein centre de l'étalement. La notion de décalage latéral (fig. 16) autorise à supposer que des tronçons minéralisés peuvent exister dans ces secteurs sans pour cela affleurer dans la vallée du Goul. Ces tronçons auraient, de ce fait, échappé à la puissante érosion du Goul qui a entraîné toute la partie Est des tronçons de Bancarel et Roquefeuil ; et l'on devrait s'attendre, dans ce cas, à recontrer des tronçons plus étendus dans le sens des filons que ceux exploités actuellement. L'examen du plan des zones minéralisées de Leucamp paraît montrer que la limite Ouest de la zone 6 est décalée beaucoup plus vers l'Ouest que la zone de l'éperon de Bancarel. Il en est de même de la zone 11 du communal.

La reconnaissance de la zone du plateau ne peut se faire que par les travaux du pan précédent. A partir de l'étage 650, deux étages de 25 m amèneraient à la cote 700 qui est celle des traçages des filons du plateau. Il faudra alors prévoir un déplacement des travaux vers l'Ouest, c'est-à-dire sous le plateau, déplacement dû au glissement latéral de la tranche.

La reconnaissance du secteur 10 de la Borie, complètement recouvert d'alluvions miocènes, est un travail plus lointain, qui ne pourra se faire qu'à partir des travaux des secteurs centraux.

G) RECHERCHE DE LA RACINE DU GISEMENT

Tous les faits et les notions, jusqu'à présent groupés, permettent maintenant une recherche des racines du gisement.

Les filons du secteur de l'éperon de Bancarel s'arrêtent sur des failles à une distance de 600 m du contact granite-micaschistes. A 1 500 m au Sud-Ouest, les filons du secteur du communal atteignent ce contact.

L'orientation du contact granite-micaschistes est approximativement Nord-Sud. La direction moyenne des failles étant Nord 40° Ouest, la direction de l'étalement est Nord 50° Est.

L'effet de cet étalement par faille a été double, non seulement il a éloigné les tronçons filoniens de leur racine, mais il les a également éloignés du contact granite-micaschistes.

Si l'on fait remonter le long des failles les différents pans en superposant les tronçons de réseau filonien qu'ils contiennent, on reconstitue le réseau primitif. On s'aperçoit alors que tous les tronçons se retrouvent au contact granite-micaschistes.

On peut tirer de cette reconstitution structurale les conclusions métallogéniques suivantes :

- *l'éloignement du granite des filons du gisement de Leucamp n'est pas un fait métallogénique, mais une conséquence de la tectonique ;*
- *ce gisement peut être rattaché métallogéniquement aux mêmes causes que celle du granite de Leucamp.*

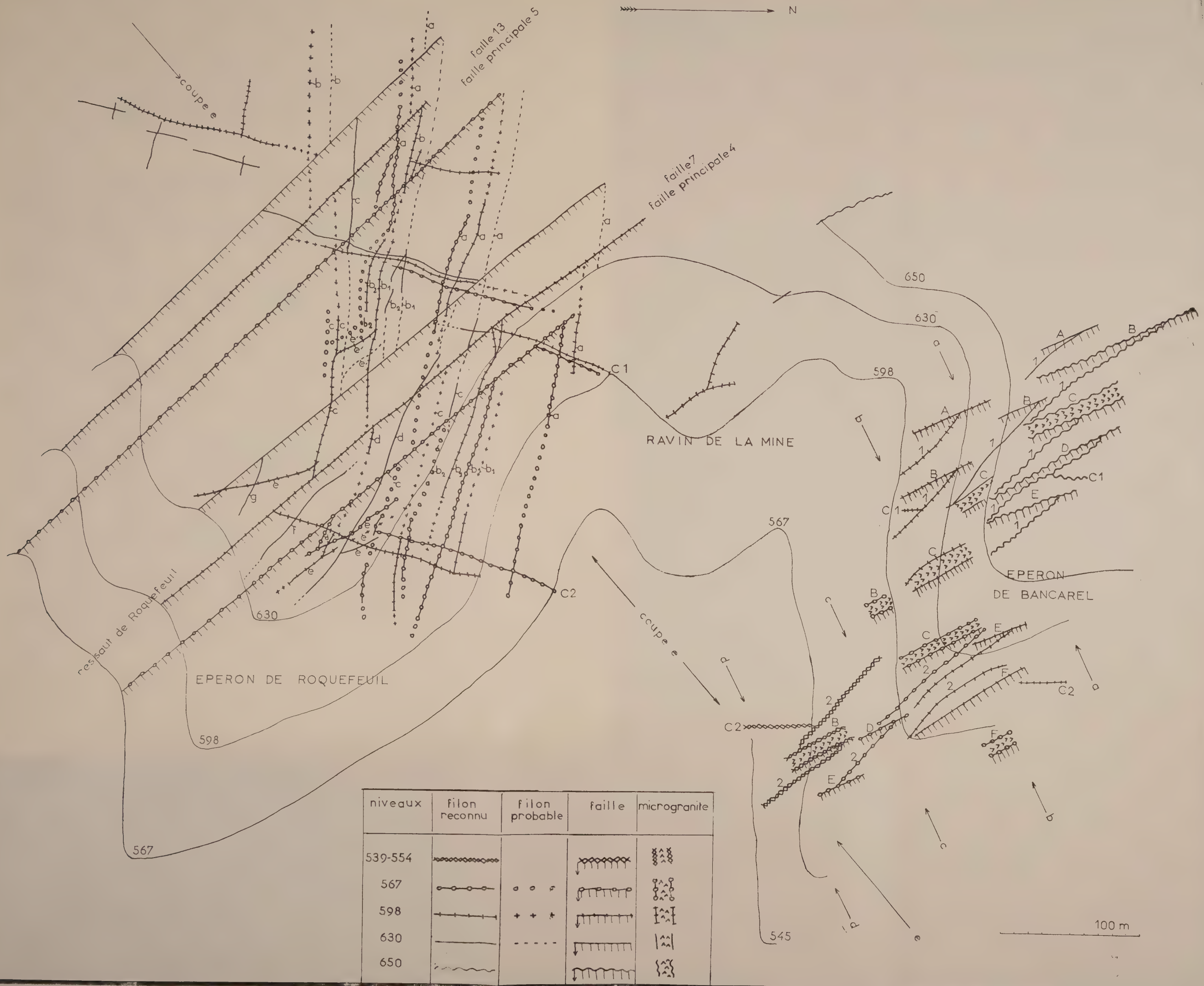


FIG. 5

Plan schématique des travaux des secteurs de l'éperon de BANCAREL, du ravin de la Mine et de l'éperon de ROQUEFEUIL.

CHAPITRE III

SECONDE ÉTUDE DU GISEMENT (1955)

Depuis 1949, date à laquelle l'étude précédente a été terminée, les travaux miniers ont progressé dans l'éperon de Roquefeuil en direction des secteurs centraux. Leur étude, qui va suivre, permet :

- de vérifier l'hypothèse structurale qui avait été émise dans la première étude,
- de parfaire, avec les éléments nouveaux qu'elle apporte, la connaissance du gisement de Leucamp.

A) ETUDE DES NOUVELLES ZONES EXPLORÉES PAR LES TRAVAUX MINIERES

(Fig. 5 — Partie Sud)

1° Travaux d'accès.

L'établissement d'une recette de roulage au niveau 598 sur le flanc Nord de l'éperon de Roquefeuil a mis à jour :

- 2 filons Nord-Sud (C_1 et C_2) d'une puissance de 0,40 à 0,60 m ;
- plusieurs affleurements de filons orientés au Nord-Ouest d'une puissance de 0,20 à 0,40 m.

La présence de ces filons Nord-Ouest sur le flanc Nord de l'éperon de Roquefeuil dont l'emplacement correspond à la zone 5 qui manquait d'indices, permet de confirmer, d'après la notion de pente d'étalement à l'intérieur des pans (fig. 18) la présence à l'intérieur de l'éperon d'une bande d'étalement filonienne. Deux niveaux furent donc poussés dans les filons Nord-Sud. Ces niveaux constituaient des travers-bancs pour la reconnaissance des filons Nord-Ouest. Ces travers-bancs rencontrèrent des filons Nord-Ouest qui furent tracés au fur et à mesure.

A l'heure actuelle (octobre 1955) les travaux se présentent de la façon suivante :

- quatre étages sont en reconnaissance, traçage et exploitation, aux cotes suivantes : 537, 567, 598, 630. L'étage 537 est très peu avancé ;
- à tous ces étages deux travers-bancs ont été poussés dans les deux filons Nord-Sud ;
- le filon Nord-Sud situé à l'Est (C_2) distant de 180 m de l'arête de l'éperon, a permis de traverser l'éperon de part en part à l'étage 598, par un traçage de 300 m de longueur ;
- le filon Nord-Sud, situé à l'Ouest (C_1) à 150 m du précédent, a été tracé sur une longueur de 330 m au niveau 630.

2° Le réseau filonien.

Les galeries en travers-bancs ont recoupé un réseau filonien dont seules, à partir de ces travers-bancs, les parties exploitables ont été suivies. L'analyse de ces tronçons de filon replacés dans le faisceau de failles dont l'étude sera exposée par la suite, permet de présenter l'interprétation suivante :

Le réseau filonien est composé de quatre systèmes :

- un système orienté Nord 80° Ouest qui s'étend sur toute la longueur de l'éperon ;
- un système orienté Nord 60° Ouest qui s'étend sur la moitié Est de l'éperon ;
- un système orienté Nord 40° Ouest qui n'apparaît qu'à l'extrémité Est de l'éperon ;
- un système orienté Nord 20° Ouest qui n'apparaît également qu'à l'extrémité Est.

Le système Nord 80° Ouest se compose de trois filons :

- le filon a,
- le filon b à 40 m au Sud du précédent, qui possède deux branches b_1 et b_2 espacées de 20 m,
- le filon c, distant de 80 m de a.

Le système Nord 60° Ouest est représenté par le filon d qui se trouve au Sud du filon c à une distance de 30 m à l'aplomb du filon c_2 .

Le système Nord 40° Ouest est représenté par le filon f situé au Sud du filon d, à une distance de 40 m à l'aplomb du filon c_2 .

Le système Nord 20° Ouest est représenté par le filon e. Ce filon qui s'amorce à l'extrême Est, entre le filon f et le filon d, recoupe les filons d et c, puis paraît se traîner dans la branche b_2 , reprendre son cours jusqu'à b_1 puis emprunter le cours de ce filon.

3° La minéralogie des filons.

Le seul fait notable est ici la présence, en plus de la paragenèse normale, de chalcopryrite assez rare dans le système orienté Nord 20° Ouest qui apparaît à l'extrémité Est de l'éperon.

4° Les failles.

L'étude détaillée des travaux du fond permet de tracer seize failles successives, toutes parallèles, orientées Nord 40° Ouest et de pendage compris entre 40 et 45° (fig. 22).

Deux de ces failles sont des failles principales et divisent la zone en trois secteurs. Ce sont :

- la faille 7 qui correspond au ressaut de l'éperon de Roquefeuil,
- la faille 13 qui correspond au ravin séparant les deux éperons de Roquefeuil et de la coupe de la mine.

Les rejets horizontaux causés par les failles sur des filons de direction différente permet ici de calculer le rejet exact des failles selon la ligne de plus grande pente, et de déterminer la direction du glissement. Ce rejet est de 155 m pour la faille 7 et de 130 m pour la faille 13. Le rejet de la faille 13 a été évalué en tenant compte de la remarque suivante. Ainsi qu'on peut le voir sur la fig. 23 qui se rapporte à la faille 7, les failles orientées Nord 45° Ouest créent un rejet en z horizontal important avec les filons orientés Nord 80° Ouest, mais un rejet beaucoup moindre avec les filons Nord-Sud. Ces derniers filons dessinant avec les failles un angle sensiblement constant, ce rejet est, si l'on admet un sens de rejet identique, proportionnel à l'importance du rejet selon la ligne de plus grande pente de la faille. En ce qui concerne la faille 13, seule l'hypothèse identifiant

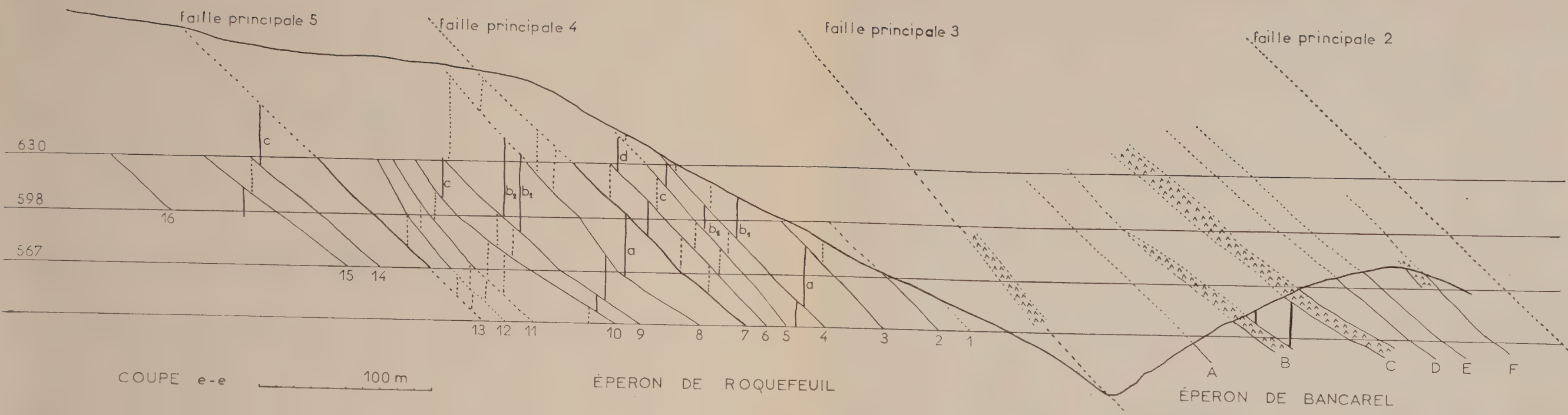


FIG. 22
 Coupe à travers l'éperon de ROQUEFEUIL et l'éperon de BANCAREL
 suivant la ligne e-e indiquée sur la figure 5.

les filons rencontrés, comme les filons a et b, fait concorder le rejet selon la ligne de plus grande pente avec le rejet horizontal causé au filon Nord-Sud par cette faille.

Les pans limités par les failles principales sont divisés par des failles secondaires en tranches qui contiennent les tronçons de filons.

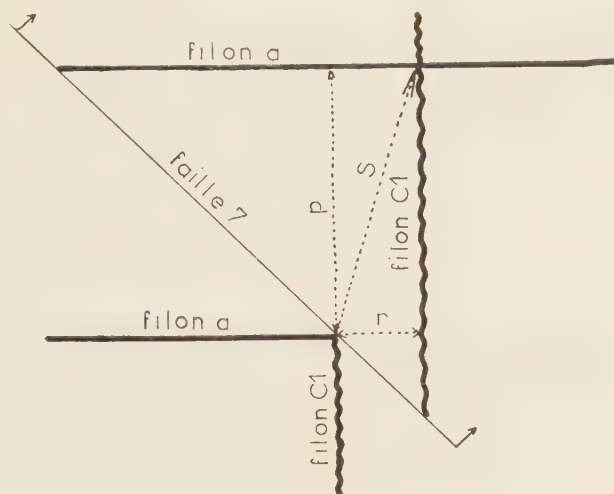


FIG. 23

Cette figure représente, au niveau 598, l'intersection de la faille 7 avec les filons a et C1. La direction du glissement S, résultante entre les deux rejets r et p, est orientée N 18° Est.

Le premier pan contient les failles 1, 2, 3, 4, 5, 6 dont les rejets moyens selon la ligne de plus grande pente, calculés sur plusieurs coupes, sont :

- faille 1 : inconnu
- 2 : 42 mètres
- 3 : 16 mètres
- 4 : 25 mètres
- 5 : 8 mètres
- 6 : 8 mètres.

Le second pan contient les failles 8, 9, 10, 11, 12 dont les rejets sont :

- faille 8 : 22 mètres
- 9 : 14 mètres
- 10 : 8 mètres
- 11 : 20 mètres
- 12 : 14 mètres.

Le troisième pan contient jusqu'à présent trois failles : 14, 15, 16. Il est impossible d'évaluer à l'heure actuelle le rejet de ces dernières failles, les travaux étant trop peu développés dans cette partie du gisement.

Remarques :

Les failles secondaires des secteurs de Roquefeuil ont des rejets moindres que celles du secteur de l'éperon de Bancarel. Selon la notion de pente d'étalement (fig. 19) la pente d'étalement à l'intérieur des pans est beaucoup plus forte qu'à Bancarel, et les tronçons d'un même filon, considérés horizontalement s'allongent beaucoup plus en direction à l'intérieur des pans.

Mais le rejet des failles principales est suffisamment important pour qu'en définitive l'étalement moyen soit presque horizontal ; on peut remarquer en effet sur la figure 22 que les pieds du filon c sur les failles 7 et 13 sont au même niveau. La notion de pente d'étalement représentée par la figure 18 montre qu'un éperon peut contenir un gisement sans pour cela qu'un affleurement apparaisse sur sa crête. La coupe de la figure 22 illustre cette notion ; on peut remarquer en effet que, par le jeu des failles, aucun filon n'affleure aux alentours de la rupture de pente de l'éperon de Roquefeuil.

B) MISE EN PLACE DES ZONES RECEMMENT EXPLOREES DANS LE SCHEMA STRUCTURAL D'ENSEMBLE DU GISEMENT

1° Identification des secteurs.

Si l'on superpose le plan de l'exploitation et la topographie de la surface on peut remarquer :

- que la faille 7 correspond au ressaut de l'éperon de Roquefeuil, et donc à la faille principale 4 du schéma structural d'ensemble (fig. 13),
- que la faille 13 correspond au ravin séparant les deux éperons de Roquefeuil et de la coupe de la mine, et donc à la faille 5 du schéma structural d'ensemble.

La partie située au-dessus de la faille 7 correspond donc à la partie Nord-Est du secteur 4 de Roquefeuil ; celle comprise entre les failles 7 et 13 au secteur de Roquefeuil partie Sud-Ouest et au secteur 5, celle située au-delà de la faille 13 au secteur du plateau.

2° Liaison avec les secteurs du ravin de la mine et de l'éperon de Bancarel.

La coupe représentée sur la figure 22 rassemble les travaux de Roquefeuil et de l'extrémité Est de l'éperon de Bancarel. On peut placer sur cette coupe la faille principale 3 qui coïncide certainement avec le ravin qui sépare les deux éperons et qui a été envahie par un dyke de microgranite. On peut tenter ensuite d'évaluer le rejet de cette faille 3 par le biais suivant :

On trouve dans l'éperon de Bancarel deux passages de filons Nord-Sud (fig. 5). Le fait que ces filons aient le même écartement que les deux filons Nord-Sud de l'éperon de Roquefeuil et qu'ils se trouvent dans leur prolongement approximatif, permet d'admettre que ce sont les mêmes filons. Nous avons vu que le rejet horizontal causé par les failles sur les filons Nord-Sud est proportionnel au rejet de ces failles selon la ligne de plus grande pente. Le rejet horizontal est ici de 75 mètres. Le rejet horizontal était de 40 mètres pour un rejet de 155 mètres de la faille 7 et de 35 mètres pour un rejet de 130 mètres de la faille 13, soit un rejet de faille de 3,8 mètres par mètre de rejet horizontal de filon. Le rejet cumulé selon la ligne de plus grande pente des failles comprises entre la faille 1 de Roquefeuil et la faille A de Bancarel est donc de l'ordre de 300 mètres. Si l'on admet que 5 failles secondaires à rejet moyen de 20 mètres se trouvent également

entre la faille 1 et la faille A, le rejet de la faille principale 3 serait de l'ordre de 200 mètres.

On peut maintenant rétablir l'ordonnance des faisceaux filoniens des différents secteurs connus, telle qu'elle existait avant l'étalement par failles, en faisant remonter toutes les tranches, puis tous les pans le long des failles d'une longueur égale aux rejets de celles-ci.

On constate alors que les filons Nord 40° Ouest de l'éperon de Bancarel se superposent au filon Nord 40° Ouest du ravin de la mine qui s'aligne sur le filon 7 de l'éperon de Roquefeuil. Les filons Nord 20° Ouest de l'extrémité Est de l'éperon de Bancarel s'alignent sur le filon e de l'éperon de Roquefeuil.

3° Enseignements pratiques.

On remarque que la cote la plus basse atteinte par les tronçons filoniens dans le secteur de Bancarel est au moins de 530 m. Dans le secteur de Roquefeuil elle est aux environs de 500 m. Dans le pan suivant elle se situe également aux environs de 500 m. Ces secteurs représentent trois pans successifs. Les travaux miniers ont en ce moment atteint le pan correspondant au secteur du plateau. Ils ont rencontré des filons à la cote 630 et on sait qu'en surface les anciens ont tracé dans ce secteur un filon exploitable. On ne connaît rien du pan suivant, mais dans les derniers pans qui correspondent au secteur du communal, des affleurements minéralisés ont été découverts à la cote 600 environ. Le problème soulevé par la notion d'amplitude du rejet des failles principales (fig. 14) n'est pas loin d'être résolu ; il semble bien en effet que l'étalement soit assez régulier et que les pieds des tronçons minéralisés s'ordonnent selon un plan se rapprochant de l'horizontale. Les conséquences de cette remarque sont très importantes, elles affirment l'existence d'un gisement s'étendant jusqu'au sud du plateau et lèvent, ce faisant, une inconnue principale, les autres inconnues étant représentées par la puissance et la minéralisation des filons, l'espacement entre les failles et la présence de dykes de microgranite.

CHAPITRE IV

CONCLUSIONS

A) RECONSTITUTION DU RESEAU FILONNIEN INITIAL

On trouve dans le secteur de Bancarel, un filon Nord 20° Ouest de 30 cm de puissance, bien minéralisé.

Dans le secteur de l'éperon de Bancarel, on rencontre des cassures filoniennes de direction Nord 20° Ouest - 40° Ouest - 60° Ouest - 80° Ouest - Nord-Sud et 20° Est. Les filons exploitables sont ceux de direction Nord 40° Ouest.

Dans le secteur de Roquefeuil qui possède également toutes les directions de cassures, les filons Nord 80° Ouest sont exploitables dans toute la zone, les filons Nord 60° Ouest le sont dans la moitié Est, les filons Nord 40 Ouest et Nord 20° Ouest le sont à l'extrémité Est.

Les filons du secteur du plateau sont orientés Nord 80° Ouest, ainsi que ceux du secteur du communal.

Si l'on remonte les réseaux filoniens de chaque secteur le long des failles, de façon à reconstituer le réseau initial, on peut faire les remarques suivantes :

1° Le réseau primitif a été constitué par des fracturations successives qui ont créé chacune un système filonien. Ces fracturations sont les empreintes d'une tectonique tournante qui est passée de Nord 80° Ouest à Nord 60° Ouest, puis Nord 40° Ouest, puis Nord 20° Ouest (puis Nord-Sud ?), puis Nord 20° Est avec un retour à Nord-Sud, chaque fracturation recoupant les fracturations précédentes. Du point de vue minéralogique, la composition des six premiers systèmes filoniens diffère peu ; seule la dernière, Nord-Sud, diffère assez nettement ; le quartz en est plus blanc, la cassure moins esquilleuse, et la wolframite est accompagnée de scheelite.

2° Si l'on effectue une reconstitution générale du réseau (fig. 24), on rencontre à la base un faisceau orienté Nord 80° Ouest qui, puissant et minéralisé dans sa zone, s'amincit et s'appauvrit dans la zone supérieure où il est relayé par un faisceau orienté Nord 60° Ouest qui se trouve, lui, dans sa zone de puissance et de minéralisation maximum. Ce dernier faisceau s'appauvrit à son tour et est relayé par un faisceau Nord 40° Ouest et ainsi de suite.

Et on peut voir que les zones d'importance et de puissance maximum des différents faisceaux s'ordonnent en auréoles successives autour du batholite granitique.

B) CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE METALLOGENIQUE DU GISEMENT

La première étude avait permis d'apparenter le gisement étudié au batholite granitique de Leucamp.

Les données fournies par la seconde étude permettent de reconstituer la dynamique de la formation du gisement et d'expliquer par là les variations minéralogiques des filons.

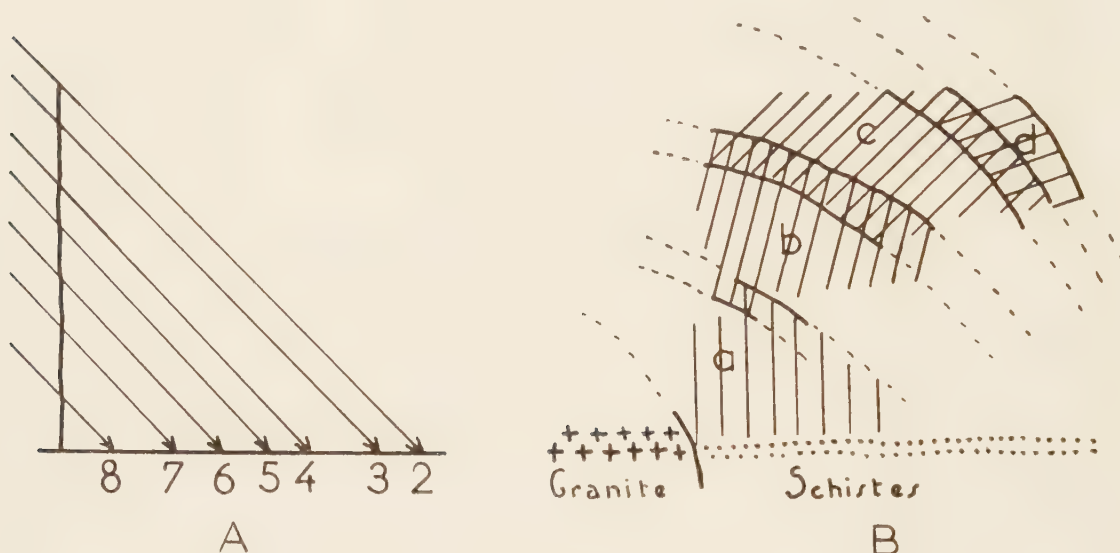


FIG. 24

Répartition dans l'espace des zones minéralisées des différents faisceaux filoniens. Sur la figure A, coupe à l'échelle, les différents tronçons sont remontés le long des failles et aboutés de façon à reconstituer le gisement initial. En B, projection des croissants minéralisés sur un plan vertical orienté selon la direction des failles N 40° W, montrant la zonation des différents faisceaux filoniens. En a : faisceau N 80° W, en b : faisceau N 60° W, en c : faisceau N 40° W, en d : faisceau N 20° W.

1° Reconstitution de la dynamique de formation du gisement.

La formation structurale du gisement est due à une tectonique tournante qui a imprimé successivement dans les terrains six faisceaux de cassures, chaque faisceau étant décalé de 20° par rapport au précédent.

La mise en place du quartz dans ces différentes cassures a constitué un gisement filonien.

Dans chaque faisceau, la puissance maximum en quartz des filons dessine une zone assez bien définie qui peut se comparer à une lame verticale en forme de croissant qui coiffe le bombement du batholite granitique. De pair avec la tectonique dont l'évolution se traduit par une rotation des différents plans de fracture, la formation des croissants quartzeux à l'intérieur de ces plans évolue de la façon suivante : à chaque fracturation, le croissant qui se forme coiffe le croissant de la fracturation précédente et s'éloigne donc à chaque fois du granite.

2° Répartition de la minéralisation.

A cette évolution de la formation tectonique des filons se superpose une évolution de leur composition minéralogique.

Trois types minéralogiques ont été rencontrés :

— un premier type englobe les filons Nord 80° Ouest à Nord 40° Ouest dont les caractéristiques sont les suivantes : épontes tourmalinisées, quartz blanc à cassure conchoïdale, muscovite, wolframite, pyrite ;

— un second type comprend les filons Nord 20° Ouest et montre, en plus du précédent, la chalcoppyrite ;

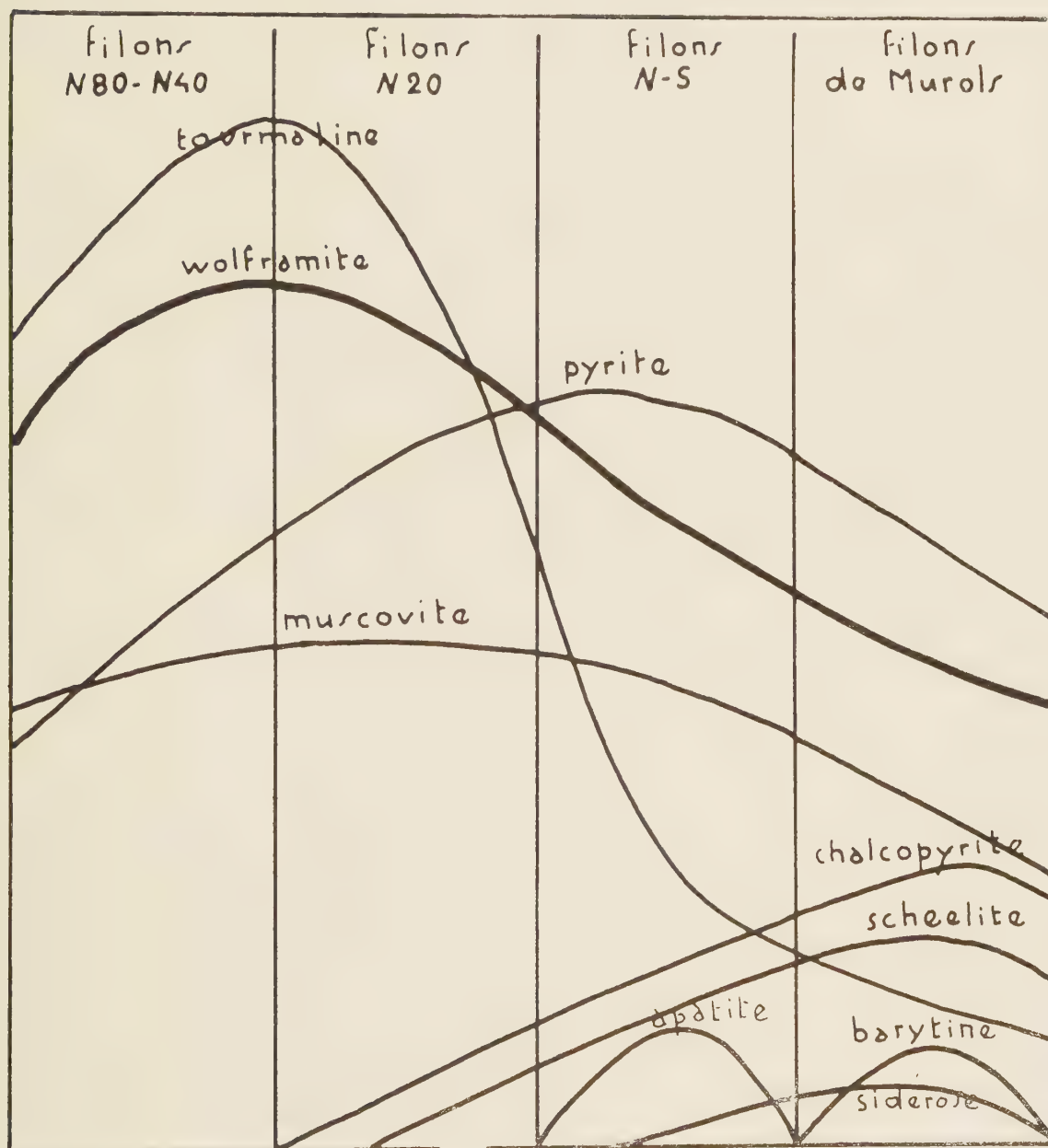


FIG. 25

Répartition des différents minéraux dans les structures successives du gisement.

— un troisième type comprend les filons Nord-Sud dont les caractéristiques sont les suivantes : épontes peu tourmalinisées, quartz blanc opaque à cassure orthogonale, muscovite, wolframite, pyrite, apatite, chalcoppyrite, scheelite.

On peut remarquer que ces trois types de minéralisation s'éloignent de plus en plus par leurs composants dans la séquence métallogénique normale (fig. 25).

Cette remarque trouve son explication dans la reconstitution tectonique de la formation des filons. Cette reconstitution révèle, en effet, que les faisceaux Nord 80° Ouest à Nord 40° Ouest sont les premiers formés et sont proches du granite, que les filons Nord 20° Ouest sont postérieurs et plus éloignés et que les filons Nord-Sud sont postérieurs encore.

3° Liaison avec les faits géologiques régionaux.

La région de Leucamp montre deux lignes anticlinales qui se recoupent : celle du batholite de Leucamp orientée Nord-Est, et celle du soulèvement de Couesque, orientée Nord-Ouest. Le gisement est situé à proximité du flanc Sud-Est du premier anticlinal et à proximité du flanc Nord-Est du second. Les légers pendages des filons correspondent aux pendages des flancs des anticlinaux.

Les fracturations successives, qui ont permis la formation des filons, ont des orientations qui partent de l'orientation du second anticlinal et aboutissent à celle du premier.

On peut tenter de reconstituer comme suit la dynamique de la formation du gisement.

Le soulèvement de l'anticlinal de Couesque crée une fracturation parallèle à son flanc Nord-Est qui provoque la formation de filons.

Ces filons sont situés dans la partie supérieure Sud de l'anticlinal de Leucamp. Un réveil d'activité dans l'anticlinal de Leucamp crée une fracturation qui relaie la fracturation précédente et l'amène peu à peu :

— à une orientation parallèle à son flanc Sud ;

— à une position plus en rapport avec ce flanc, ce qui décale ce système vers l'Est.

Par la suite, le soulèvement de l'anticlinal de Couesque est souligné par des filons de microgranite, concordant avec son flanc Nord-Est, qui recoupent le gisement.

C) RELATIONS AVEC LES GISEMENTS REGIONAUX DE WOLFRAMITE

Le gisement du Murols est situé à 2 km à l'Est de Leucamp. Il renferme un filon Nord-Sud plusieurs fois rejeté par un système de failles orienté Nord 40° Ouest. Le quartz de ce filon est analogue à celui des filons Nord-Sud de Leucamp, mais il renferme, en plus du wolfram et de la pyrite, de la scheelite plus abondante, de la chalcoppyrite plus abondante, de la sidérose et de la barytine. Un petit filon Nord 20° Est a également été rencontré.

Le gisement de Teyssières, situé à 2 km au Nord de Leucamp, renferme un faisceau orienté Nord 40° Ouest. Le gisement de Caylus, situé à 1 km au Nord-Est de Leucamp, renferme la suite du même faisceau vers l'Est. Du point de vue minéralogique, ces deux gisements sont analogues aux filons Nord 40° Ouest de Leucamp.

La région de Murols et celle de Teyssières sont hachées par des failles qu'on peut rattacher au système de Leucamp (fig. 26).

En remontant les pans déplacés par ces failles, on peut reconstituer le gisement initial en entier. C'est cette reconstitution que montre la figure 27. On y voit que les

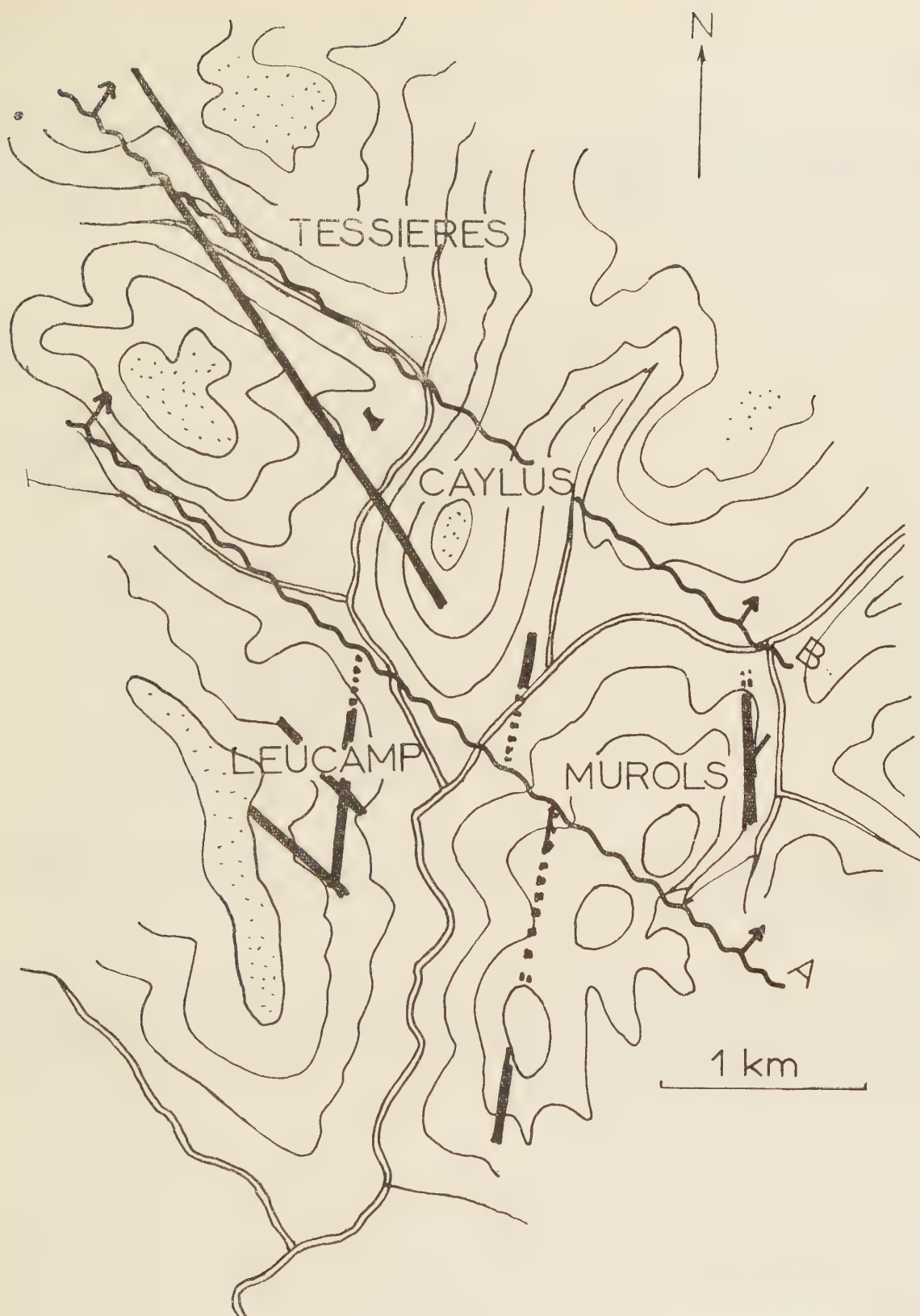


FIG. 26
Plan structural de la région englobant les gisements de Teyssières et de Murols.

filons Nord 40° Ouest de Teyssières viennent se placer exactement dans le prolongement du croissant dessiné par les filons de Leucamp de même orientation. Quant au filon Nord 20° Est de Murols, il se place à l'extérieur de l'empilement des croissants, exactement à l'endroit où l'on pouvait s'attendre à rencontrer la zone des filons de cette orientation.

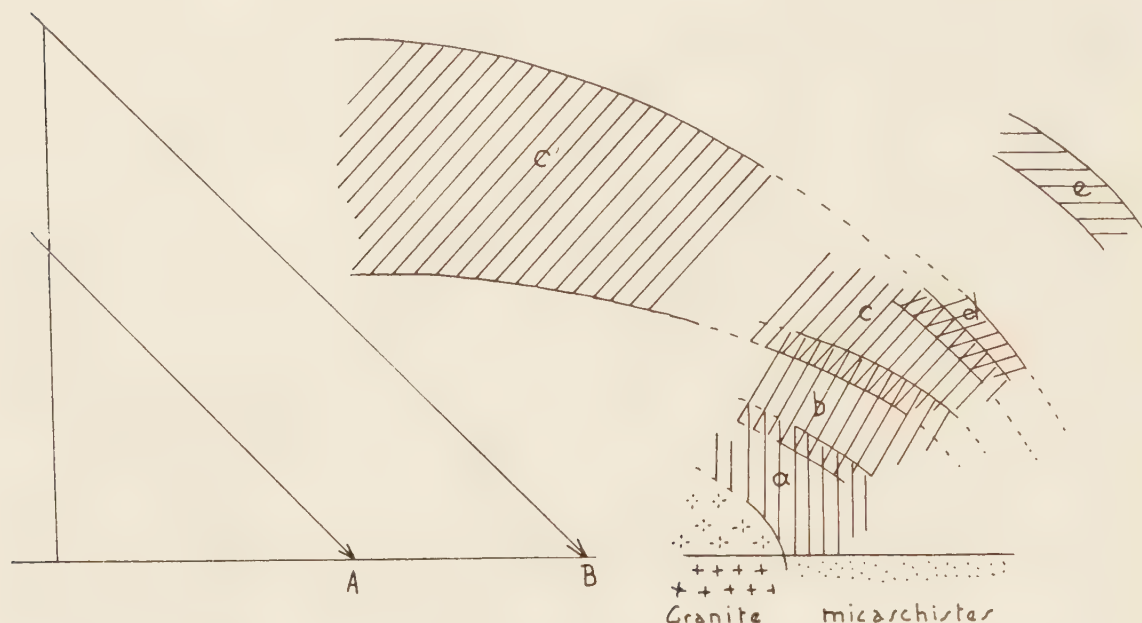


FIG. 27

Répartition dans l'espace des zones minéralisées régionales, selon le faisceau initial. Coupe perpendiculaire aux failles de la figure 26. On remarque, complétant la répartition des filons de Leucamp, le faisceau N 40° W de Teyssières en c', et le faisceau N 20° E de Murols en e.

Ainsi se trouve confirmée non seulement la disposition en croissant des différentes fracturations, soulignant le dôme granitique, mais aussi, par le déplacement progressif vers l'Est, le passage de la fracturation liée au flanc de l'anticlinal de Couesque à celle liée au flanc de l'anticlinal de Leucamp.

DEUXIÈME PARTIE

LE GISEMENT DE PUY-LES-VIGNES
(Haute-Vienne)

INTRODUCTION

L'existence de la wolframite dans la région de Puy-les-Vignes est connue depuis la fin du XVIII^e siècle. La wolframite n'était alors qu'une curiosité minéralogique, mais on savait qu'elle accompagnait souvent l'étain dans ses gisements.

Aussi, les premiers travaux miniers effectués à Puy-les-Vignes furent-ils des travaux de recherche d'étain lorsque, sous Napoléon I^{er}, le blocus continental eut interdit l'accès des ports français aux étains de Cornouailles. Ces recherches furent infructueuses.

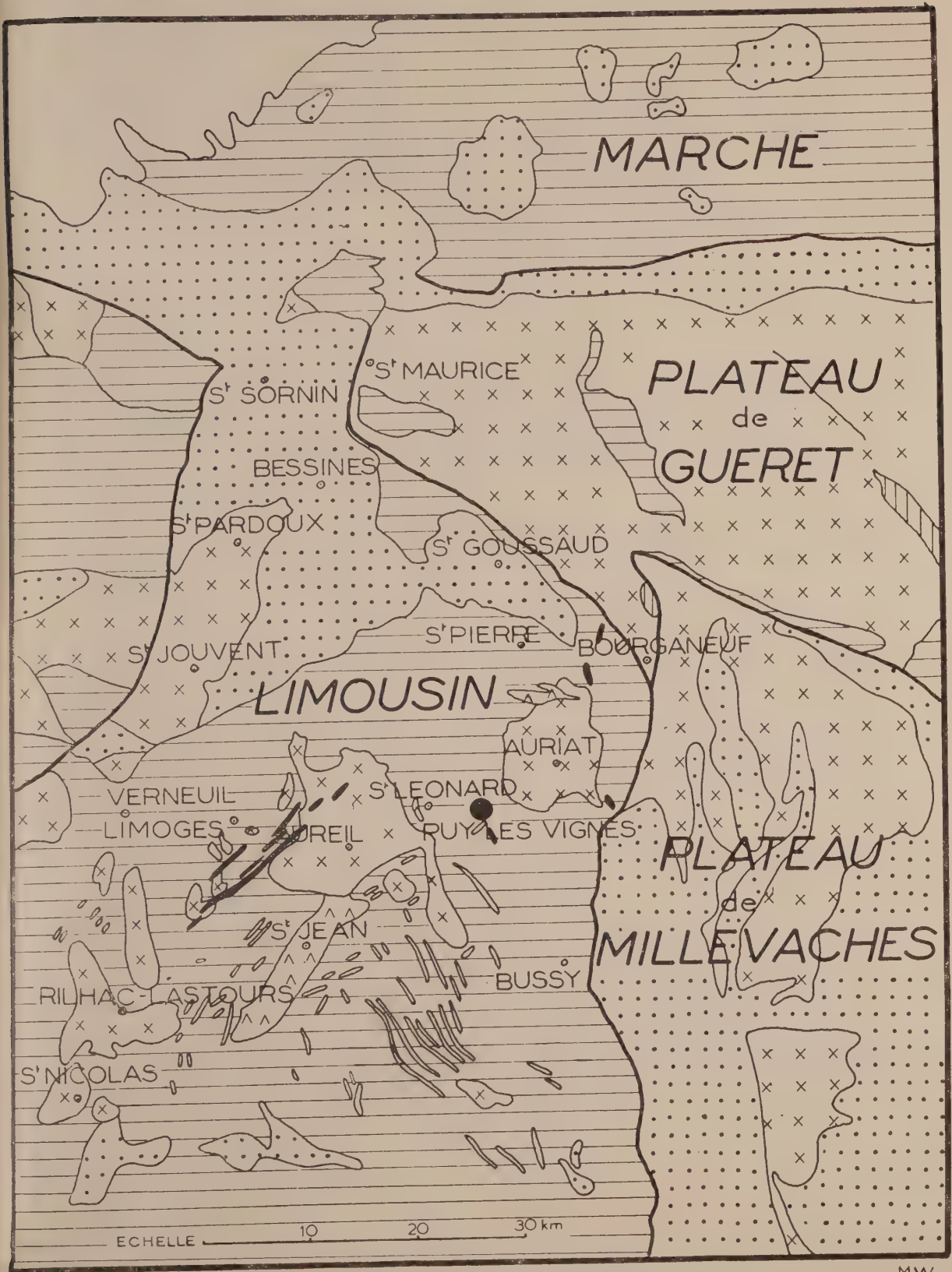
Vers la moitié du XIX^e siècle, les progrès de la métallurgie rendirent concessible la wolframite jusque là sans emploi. On assista alors à deux tentatives de mise en exploitation, de 1857 à 1866 et de 1883 à 1885.

Mais le développement de l'affaire date de 1905 et les deux périodes principales d'exploitation coïncident avec les deux dernières guerres : la première va de 1905 à 1920 ; la seconde, partant de 1936, dure encore aujourd'hui.

Ainsi qu'on pourra en juger, le gisement de Puy-les-Vignes est d'un type peu commun. Sa structure a longtemps intrigué les mineurs et n'a été élucidée qu'après une étude géologique effectuée de 1947 à 1949 [M. WEPPE, 1950]. A la suite de cette étude, les travaux qui s'étaient prudemment localisés dans une partie du gisement se sont étendus. Cette extension s'est effectuée en deux temps. Au cours d'un premier temps, le gisement a été exploré latéralement ; au cours d'un deuxième temps, il l'a été en profondeur.

L'étude qui va suivre, après avoir situé géologiquement le problème, rappelle les conclusions partielles auxquelles avaient abouti la première étude. Elle montre ensuite comment ces conclusions ont permis l'établissement d'un programme limité et comment chaque pas franchi, en apportant des données nouvelles, a permis d'effectuer un nouveau pas et de progresser ainsi dans la connaissance des structures et la découverte des zones minéralisées de ce gisement original.

REGION OUEST DU MASSIF CENTRAL



- | | | | |
|--|--------------|---|------------------------|
|  | Granite. |  | Schistes.Gneiss. |
|  | Granulite |  | Amphibolite. |
|  | Diorite. |  | Terrains carbonifères. |
|  | Microgranite |  | Terrains secondaires. |

FIG. 28

Carte géologique de la région Ouest du Massif Central

CHAPITRE PREMIER

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE LA SURFACE

A) LE CADRE GÉOLOGIQUE (Fig. 28)

Le gisement de Puy-les-Vignes est situé en Limousin, à 22 km à l'Est de Limoges.

Du point de vue géologique, cette région occidentale du Massif Central présente, surmontant un soubassement de granite à biotite, une série métamorphique complète allant des gneiss aux micaschistes, et parfois même à des schistes sériciteux. Des granulites y sont bien développées, certainement en relation avec des accidents tectoniques très marqués [E. RAGUIN, 1926, 1927, 1930].

Ces accidents, dont le principal est la zone broyée d'Argentat qui s'allonge sur 200 km du Sud - Sud-Est au Nord - Nord-Ouest, contribuent à la division de la région en quatre unités bien définies : Le Limousin, la Marche, le Plateau du Guéret, et le Plateau de Millevaches [G. MOURET, 1917] ; [E. RAGUIN, 1927].

Le Limousin, situé à l'Ouest de la zone broyée d'Argentat, constitue le prolongement, au-delà du seuil du Poitou, des plis Armoricaux et Vendéens. Il est formé, dans la partie Nord, par un massif granulitique important et par quelques massifs granitiques qui s'enfoncent lentement vers le Sud, sous des gneiss et des micaschistes. Cette zone est caractérisée par des leptynites et des amphibolites en lits ou en amas.

A l'Est de la zone broyée d'Argentat, une seconde ligne de mylonites sépare le plateau de Millevaches au Sud, du plateau du Guéret au Nord. Le plateau de Guéret est constitué par un batholite énorme de granite à biotite, passant insensiblement au gneiss. Le plateau de Millevaches est un complexe de granulites et de granites porphyroïdes passant insensiblement au gneiss.

Au Nord, un contact anormal sépare le plateau de Guéret de la Marche. Cette dernière unité, plissée suivant une direction Est-Ouest, est une zone de schistes et gneiss à bandes d'amphibolites et à granulites syntectoniques.

D'après E. RAGUIN, le plateau de Guéret aurait joué le rôle d'un môle par rapport auquel le plateau de Millevaches aurait été décalé latéralement. Ces deux plateaux réunis auraient, en outre, joué le rôle de môle par rapport au Limousin qui les aurait chevauchés selon la ligne de contact anormal d'Argentat. Cet auteur signale également, au Nord-Ouest, un contact anormal en forme d'arc dont le compartiment Ouest aurait chevauché le compartiment Est que composent les granulites de la Haute Vienne.

D'autres auteurs [M. ROQUES, 1939] ; [A. DEMAY, 1948] ne pensent pas que la zone broyée d'Argentat soit une surface de charriage, et la considèrent comme un accident de type rigide.

B) LA GEOLOGIE REGIONALE (Fig. 28)

Dans la partie Sud du Limousin apparaît une suite de synclinaux et d'anticlinaux de direction Nord-Ouest qui constituent les derniers témoins de la prolongation de la structure armoricaine. Les synclinaux sont marqués par des bandes de micaschistes ; les anticlinaux par des bandes de gneiss que percent parfois des pointements granitiques (feuille de Limoges au 1/80.000^e).

Dans la partie Nord du Limousin, cette structure est complètement effacée par le vaste affleurement des granulites de la Haute Vienne.

Entre ces deux parties, à hauteur de Limoges, s'allonge une zone intermédiaire où, dans les schistes, affleure toute une suite de batholites granitiques.

Ces batholites peuvent apparaître comme des stocks de bordure du massif granitique du Nord ; cependant, à mon avis, ils semblent constituer une unité tectonique anticlinale bien individualisée et orientée au Nord-Est. Cette direction me paraît nettement marquée, de Bourganeuf à Rilhac - Lastours, par les failles suivantes :

- 1) l'alignement des batholites granitiques d'Auriat, d'Aureil, de Lastours et de Saint-Nicolas ;
- 2) l'infléchissement au Sud et au Nord des bandes d'amphibolites qui, habituellement de direction Nord-Ouest, s'orientent au Nord-Est ;
- 3) les alignements des microgranites flanquant les bords de l'unité tectonique ;
- 4) l'alignement du batholite dioritique de Saint-Jean ;
- 5) l'alignement sur cette direction de tout le champ filonien de Puy-les-Vignes et d'une partie de sa tectonique postérieure ;

6) enfin, si l'on considère les deux lignes de contact anormal du Limousin, on remarque qu'elles sont toutes deux affectées :

— l'arc granulitique de la Haute Vienne d'orientation Nord légèrement Est, s'incurve dans sa partie Sud à l'approche de l'unité tectonique et lui devient parallèle ;

— la faille d'Argentat exécute, dans un quart Nord, un crochet qui lui permet de contourner l'extrémité Nord-Est de l'unité tectonique représentée à cet endroit par le massif granitique d'Auriat.

De plus, cette zone présente plusieurs analogies avec le granite de Guéret :

- 1) Son rôle de môle ;
- 2) Son type profond d'où les granulites sont exclues et où les microgranites sont présents ;
- 3) Sa liaison avec des gneiss du type gneiss d'Aubusson.

C) LA GEOLOGIE LOCALE (Fig. 29)

Le gisement de Puy-les-Vignes est situé sur le flanc Sud de l'unité tectonique de Rilhac - Bourganeuf, entre les batholites d'Auriat et d'Aureil que sépare un seuil emprunté par la Vienne. Ce seuil marque le prolongement d'un synclinal Sud-Est Nord-Ouest bien

marqué par la bande de micaschistes Bussy - Saint-Léonard. La lente remontée des granites amenuise ces micaschistes et c'est à l'endroit de leur disparition, à mi-distance entre les deux batholites que se situe le gisement de Puy-les-Vignes.

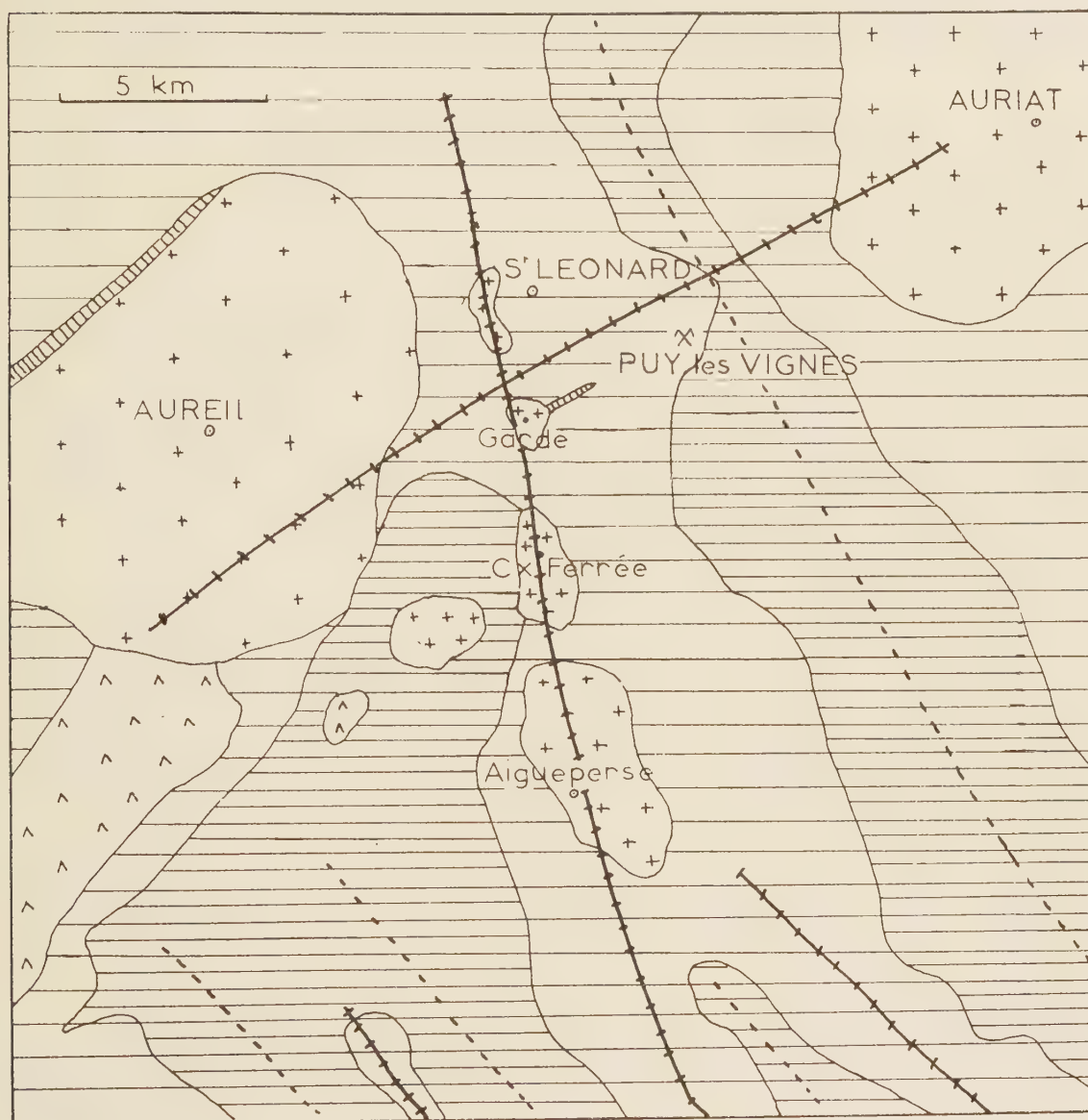


FIG. 29

Carte géologique de la région de Puy-les-Vignes
en trait interrompu : synclinaux - en trait barbelé : anticlinaux

L'anticlinal gneissique d'Aigueperse fait suite à l'Ouest au synclinal micaschisteux de Bussy - Saint-Léonard. Une suite de petits stocks trahit la proximité de son arête granitique : Aigueperse, Croix-Ferrée, Garde, Pont-de-Noblat.

Correspondant à une inflexion vers le Nord qu'indiquent les synclinaux suivants, cette crête granitique s'oriente au Nord 15° Ouest, amincissant ainsi, dans la région de Puy-les-Vignes, le synclinal Bussy - Saint-Léonard.

La concession minière est ainsi située aux confins des micaschistes et des gneiss, à la fois sur le flanc Sud de l'anticlinal d'Aureil et sur le flanc Est de l'anticlinal d'Aigueperse qui se croisent à cet endroit.

D) GEOLOGIE DE LA CONCESSION (Fig. 30)

1° Pétrographie.

a) LES GNEISS ET LES MICASCHISTES.

La région, couverte de bois, de pâtures et de labours, ne montre que peu d'affleurements et se prête mal à la prospection. Il s'est révélé impossible de tracer, à l'échelle de la concession, une démarcation entre les gneiss et les micaschistes ; l'explication se trouve peut-être dans le fait que cette zone de contact est très faillée.

En réalité, les micaschistes sont des gneiss feuilletés contenant peu de feldspath. L'examen microscopique révèle que les lits micacés sont composés de biotite et de muscovite que les rares feldspaths sont de l'oligoclase, que le quartz est en petits éléments et que les zircons sont assez abondants.

Ces micaschistes passent insensiblement aux gneiss francs. On peut classer ceux-ci en trois types de plus en plus profonds (1).

α) Un type se rapprochant des micaschistes déjà décrits, mais moins feuilleté et à feldspath plus abondant ; les lits micacés sont plus espacés et plus onduleux ;

β) Un type dont les lits micacés, flous et onduleux, sont espacés de 1 cm à 1,5 cm. Au microscope, on remarque que la muscovite est moins abondante que dans le type précédent. La biotite est assez souvent chloritisée et contient des zircons et de l'apatite. Les feldspaths plagioclases sont accompagnés d'un peu d'orthose. Les cristaux de quartz sont gros et à contours lobés. On trouve par place des feutrages de séricite qui parsèment la roche de taches verdâtres très claires.

γ) Un type foncé à lits micacés onduleux, discontinus et espacés de 1 à 2 mm. Au microscope, on peut voir que ces lits micacés contiennent peu de muscovite, mais surtout de la biotite à zircons abondants. Les feldspaths rencontrés sont surtout l'orthose, plus rarement le plagioclase. Le quartz est en petits cristaux arrondis. L'apatite assez abondante est en petits cristaux.

Les gneiss ont une direction Nord 50° Ouest et un pendage 40° Nord-Ouest.

Dans toute la partie centrale, Nord et Nord-Est de la concession, les gneiss présentent, interstratifiées, des amandes de granulites ou de quartz plus ou moins tourmalinisé, d'une longueur de 10 cm à 1 m.

Les amandes de granulite à grain fin se composent de quartz, de mica, d'orthose et de rares plagioclases. Ces amandes sont rarement à bords nets, mais présentent, le plus souvent, un cœur entouré d'écailles en pelure d'oignon.

Les amandes de tourmalinite sont plus petites, mais plus nettes, que les précédentes. Un cœur de quartz gris et vitreux se charge progressivement de tourmaline pour aboutir

(1) Les travaux miniers permettent de vérifier leur étagement.

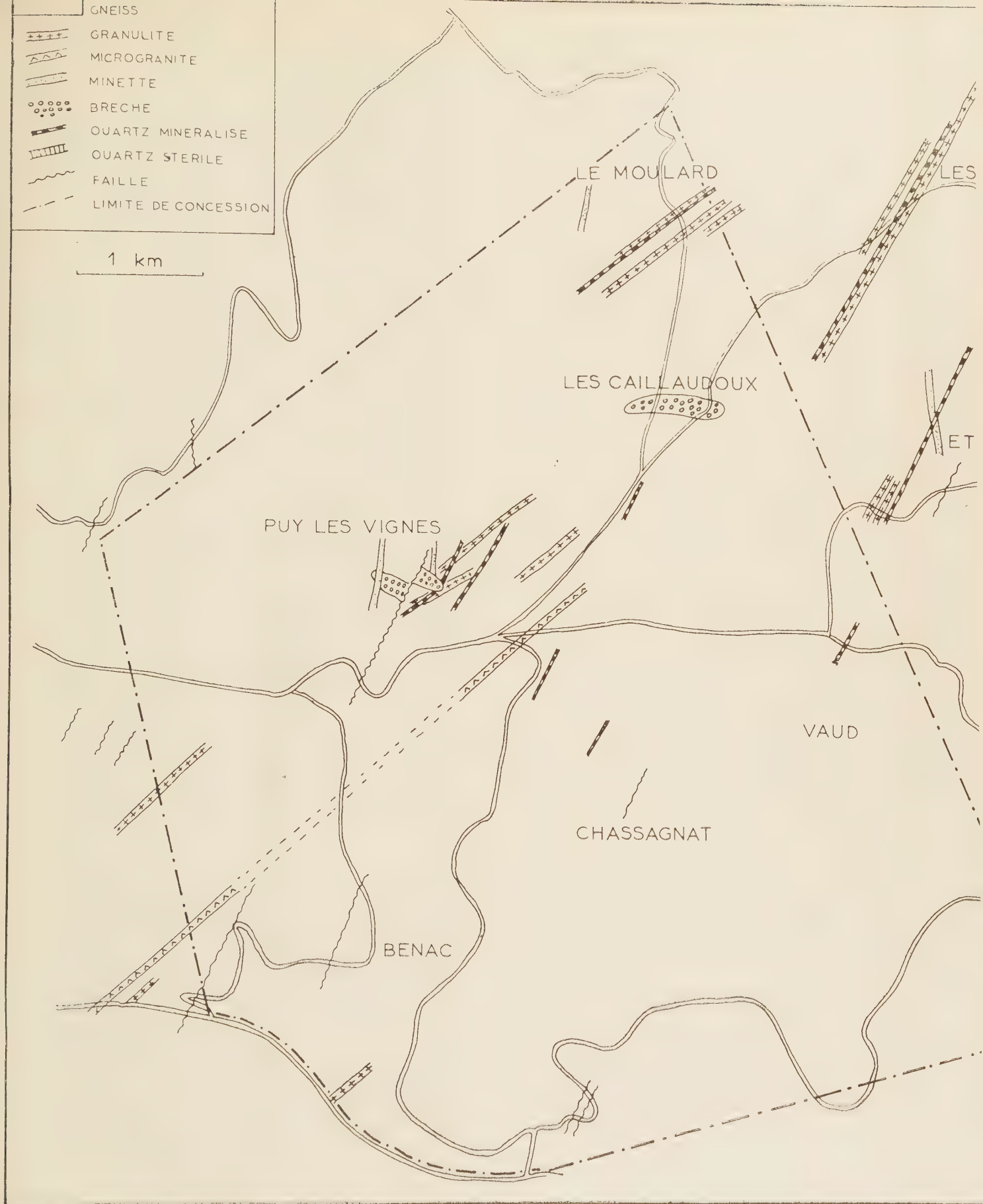
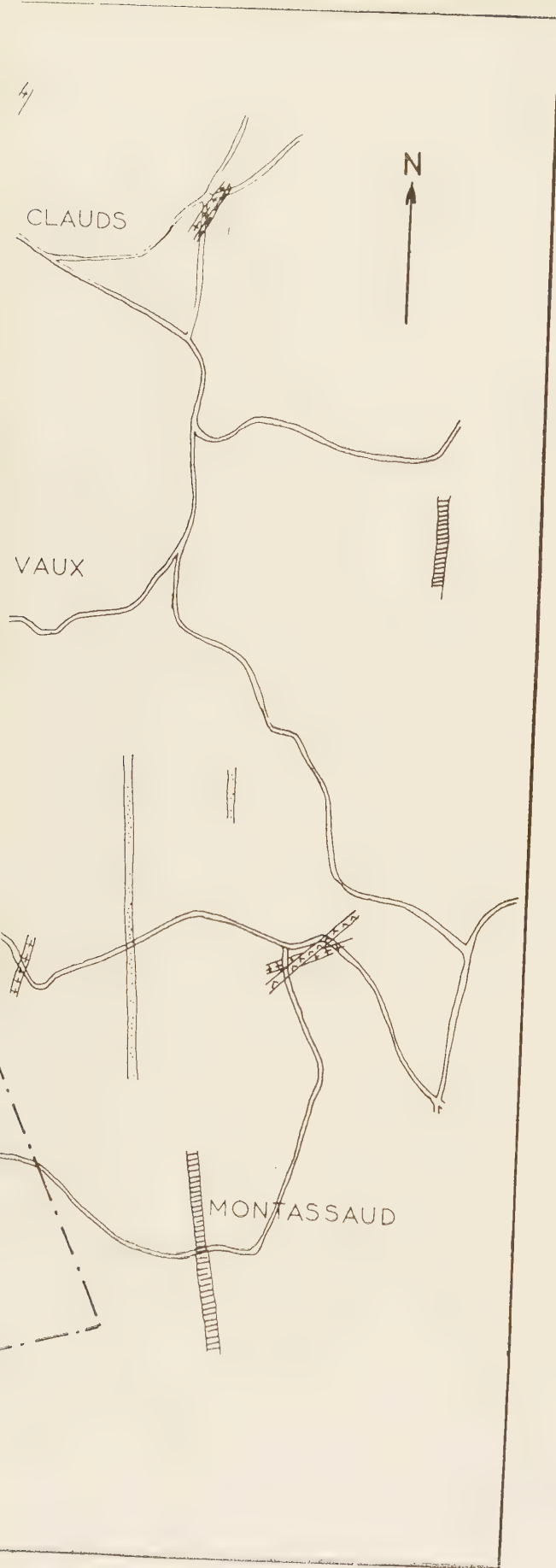


FIG. 30

Carte géologique de la concession de Puy-les-Vignes



à une tourmalinite touffue qui s'étend, parfois, aux pointes de l'amande, dans les lits feldspathiques des gneiss.

Bien qu'il soit difficile d'affirmer ce fait, il m'a semblé que les zones granulitisées ou tourmalinisées forment des traînées qui s'allongent sur plusieurs centaines de mètres, les traînées granulitisées alternent avec les traînées tourmalinisées.

b) LES ROCHES FILONIENNES.

Les roches filoniennes peuvent être divisées en deux groupes : celles orientées au Nord-Est et celles orientées au Nord. Le premier groupe comprend la granulite, le microgranite et le quartz minéralisé ; le second, la minette et le quartz stérile.

α) *Filons de granulite* : Ces filons ont une puissance de 0,10 m à 4 mètres. Leur direction est soit Nord 30° Est, soit Nord 50° Est, leur pendage varie de 40 à 50° vers le Sud-Est. La roche est toujours très claire, à grain fin composée de quartz, muscovite, orthose et rares plagioclases.

β) *Filons de microgranite* : Un gros filon de microgranite, dont on peut voir l'affleurement dans le lit de la Vienne et dont on peut suivre les roulants sur 4 km, pénètre jusqu'au centre de la concession. Il est orienté Nord 40° Est. Un second filon a été décelé au Sud-Est de la concession recoupant un filon de granulite. Ces filons me paraissent correspondre, pour le bord Sud, aux grands filons de microgranite marquant le bord Nord de l'anticlinal Rilhac - Bourganeuf.

γ) *Filons de minette* : Ces filons, dont la puissance varie de un à quelques mètres, ont une orientation allant de Nord à Nord 20° Est et un pendage de 70° Ouest.

Ils forment trois groupes : celui de Puy-les-Vignes, celui du Moulard et celui d'Etivaud. Au microscope, cette roche montre un feutrage de biotite présentant parfois des zones à grands éléments. Dans ce feutrage, sont dispersés des grains de quartz qui se groupent parfois.

δ) *Filons de quartz* : Ces gros filons font partie d'un faisceau situé à l'Est de la concession. Ils n'abordent la zone étudiée qu'au Sud-Est, à Loutaud et à Montassaud. Les quartz sont blancs, à zones calcédonieuses. Des cristaux de quartz parallèles ou radiés apparaissent, parfois, dans la masse. Les géodes sont abondantes et montrent des cristaux bien formés. On y trouve un peu d'hématite.

2° Les failles.

De nombreuses traces de fracturation se décèlent sur le terrain, mais la mauvaise qualité des affleurements de chemins empêche leur relevé. Elles se présentent soit sous l'aspect de failles nettes, souvent multiples, soit sous celui de zones de broyage dont la puissance atteint, parfois, plusieurs dizaines de mètres.

La plus grande partie des failles, qui ont pu être relevées, ont une orientation Nord 30° Est et un pendage Nord-Ouest.

3° Structures minéralisées.

Elles comportent des filons de quartz et des pipes de brèches qui constituent le gisement. En 1948, étaient connus :

- La pipe de Puy-les-Vignes et ses filons ;
- Le filon des Clauds.

A la suite de la première étude (1949) et d'une campagne de recherche qui l'a suivie (1952), on peut ajouter :

- Les alluvions de Puy-les-Vignes ;
- La pipe des Caillaudoux ;
- Le filon des Moulards ;
- Le filon d'Estivaud.

Ce sont ces structures minéralisées qui vont maintenant être étudiées.

CHAPITRE II

LA PIPE DE PUY-LES-VIGNES

C'est au lieu dit Puy-les-Vignes que fut découvert le premier point minéralisé. La découverte des autres points est beaucoup plus récente. Seul, jusqu'à présent, Puy-les-Vignes a fait l'objet d'une exploitation minière.

La nature de ce gisement a longtemps constitué une énigme qui n'a été résolue que par une étude géologique effectuée de 1947 à 1949. On sait maintenant que deux types structuraux se trouvent là superposés : *une pipe de brèche* et un *faisceau filonien*.

Cette connaissance du gisement qui n'est pas encore définitive, a été acquises en quatre étapes. La première est représentée par l'étude géologique initiale qui a établi l'existence de la structure filonienne et accumulé, en ce qui concerne la structure en pipe de brèche, de fortes présomptions. Par la suite, un programme basé sur les conclusions de la première étude et comportant une exploration latérale a été lancé. Les résultats ont confirmé l'hypothèse de la pipe de brèche et permis d'établir un programme d'exploration des parties profondes du gisement qui est actuellement terminé. Ses résultats ont permis d'établir un troisième programme qui est en cours d'exécution.

Ce chapitre, après avoir rappelé l'étude géologique initiale et exposé dans le détail les résultats des programmes de travaux, fait le point de la connaissance actuelle du gisement et des problèmes qui se posent encore pour la recherche des zones minéralisées.

A) ETUDE GEOLOGIQUE ET STRUCTURALE DE LA PIPE DE PUY-LES-VIGNES

Le gisement de Puy-les-Vignes est une cheminée de brèche du type défini par la littérature américaine sous le nom de « breccia pipe ». C'est, en gros, traversant les gneiss, une colonne remplie de blocs de gneiss cimentés par du quartz.

La trace en surface de cette pipe (fig. 31) est un ovale de 340 mètres de grand axe et de 80 mètres de petit axe. L'orientation du grand axe est Nord 60° Ouest.

Une faille importante, appelée faille limite, de direction sensiblement parallèle au petit axe, c'est-à-dire Nord 30° Est, coupe cet ovale en deux parties qu'elle décale horizontalement de 120 mètres. La partie Est mesure 150 mètres de longueur suivant le grand axe, la partie Ouest en mesure 190.

La partie Ouest a été peu reconnue par les travaux miniers. Sa forme approximative a été déduite :

- de 90 mètres de galeries au quatrième niveau (à une profondeur de 30 mètres) en ce qui concerne ses limites Nord et Sud.

- d'une tranchée de poudrière en surface en ce qui concerne la limite de sa pointe Ouest.

La partie Est, seule, a été partiellement tracée et exploitée jusqu'à une profondeur de 200 mètres.

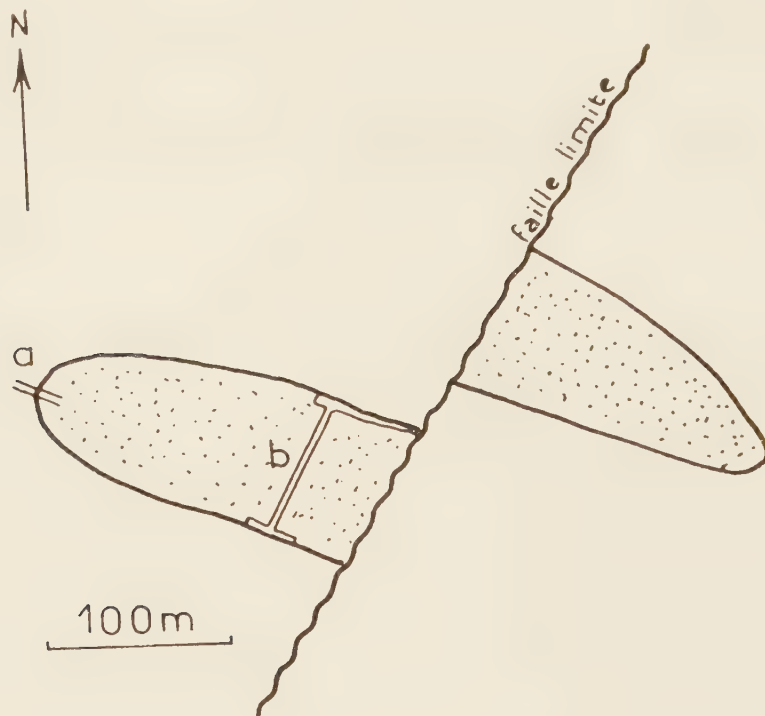


FIG. 31
Affleurement de la pipe de Puy-les-Vignes.

1° La pipe.

Les coupes horizontales successives que représentent les 42 niveaux actuellement tracés dans cette partie Est de la pipe permettent de se rendre compte de son allure approximative.

La trace de la pipe sur les plans des niveaux successifs subit une variation marquée (fig. 32). En effet, alors qu'en surface la pipe dessine une figure qu'on peut apparenter à une ogive, elle s'arrondit à la pointe et se dilate pour ressembler au neuvième niveau à une tête de couleuvre, puis se dilate encore pour prendre au douzième niveau la forme d'une circonférence à peine ovalisée.

Si l'on examine maintenant (fig. 33) une coupe verticale parallèle au petit axe de l'ovale et placée à l'endroit où, au douzième niveau, la pipe s'élargit le plus, c'est-à-dire à 120 mètres à l'Est de la faille limite, on remarque que la pipe s'évase régulièrement du cinquième niveau où elle mesure 30 mètres de large, au dixième niveau où elle mesure 100 mètres ; puis, qu'à partir du dixième niveau, elle s'évase de façon beaucoup plus marquée pour atteindre 140 m de large au douzième niveau.

Sur une coupe verticale selon le grand axe (fig. 34) on s'aperçoit que le pendage de la pointe Est, après avoir été Est, s'inverse à mi-hauteur et devient Ouest jusqu'à la base actuelle.

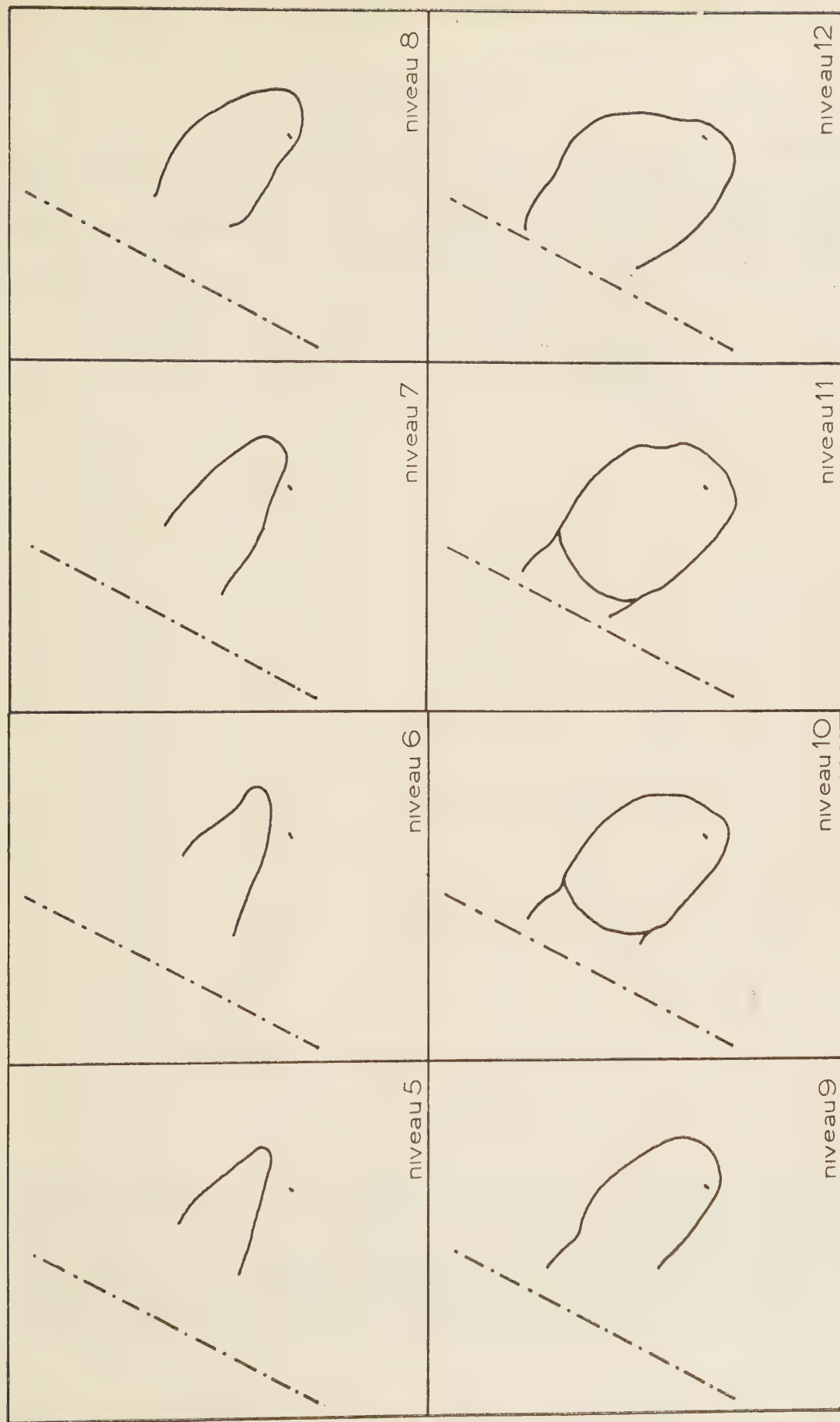


Fig. 32
Trace de la pipe sur le plan des niveaux successifs

2° La brèche.

Le corps de la pipe est rempli par une brèche d'un gneiss analogue à celui formant les terrains encaissants, cimentée par du quartz.

Cette brèche se compose de morceaux anguleux dont la taille s'échelonne du grain de quelques millimètres au bloc de plusieurs mètres cubes.

Aucune classification ne s'est produite dans la taille des morceaux; ils sont mélangés, petits et gros.

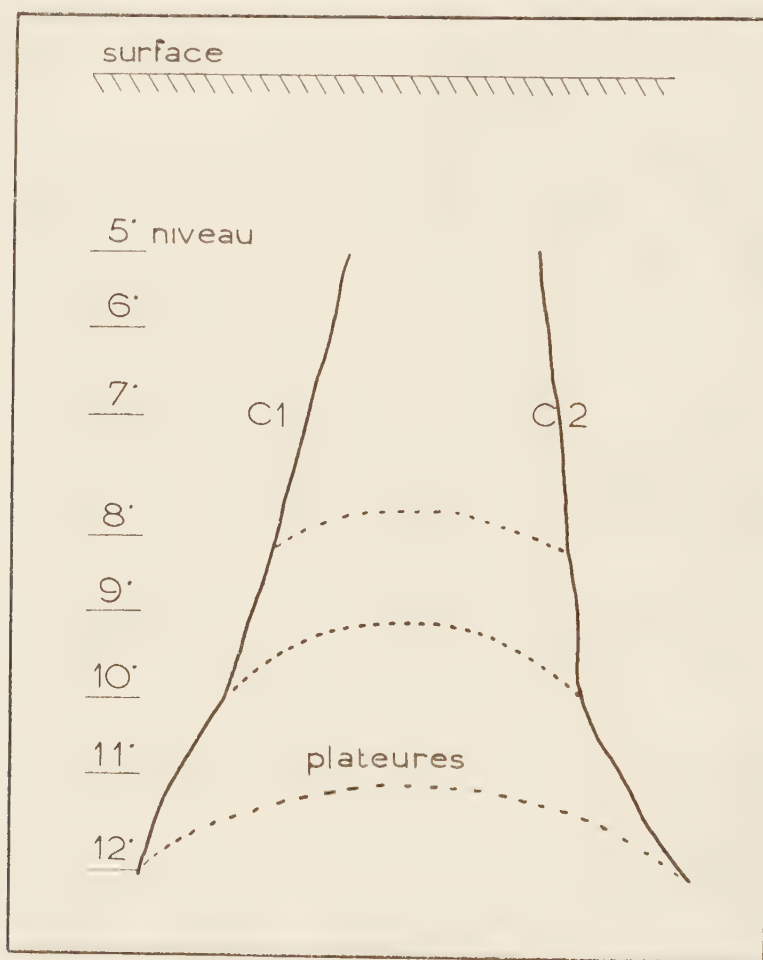


FIG. 33

Coupe verticale parallèle au petit axe de la pipe

Les morceaux de gneiss, qui appartenaient auparavant à un massif dans lequel leur position était régie par la schistosité, ne présentent plus aucune relation avec cette position initiale : ils ont subi une rotation.

Les fragments de la brèche ne se touchent pas, ils sont séparés par le quartz.

Le ciment de quartz compose environ 10 % du volume total de la brèche. On trouve des zones à quartz prédominant et des zones où les fragments sont plus tassés.

Vers l'intérieur de la pipe les morceaux sont massifs, trapus, aux dimensions sensiblement égales ; les rares dalles qu'on y rencontre ont la schistosité parallèle à leur plus grande dimension. Dans les zones en bordure de la pipe on trouve une prédominance de morceaux allongés, en dalles, mais le plus souvent en prismes, dans lesquels la schistosité est parallèle à la petite dimension, celle-ci étant parfois très petite et variant de 2

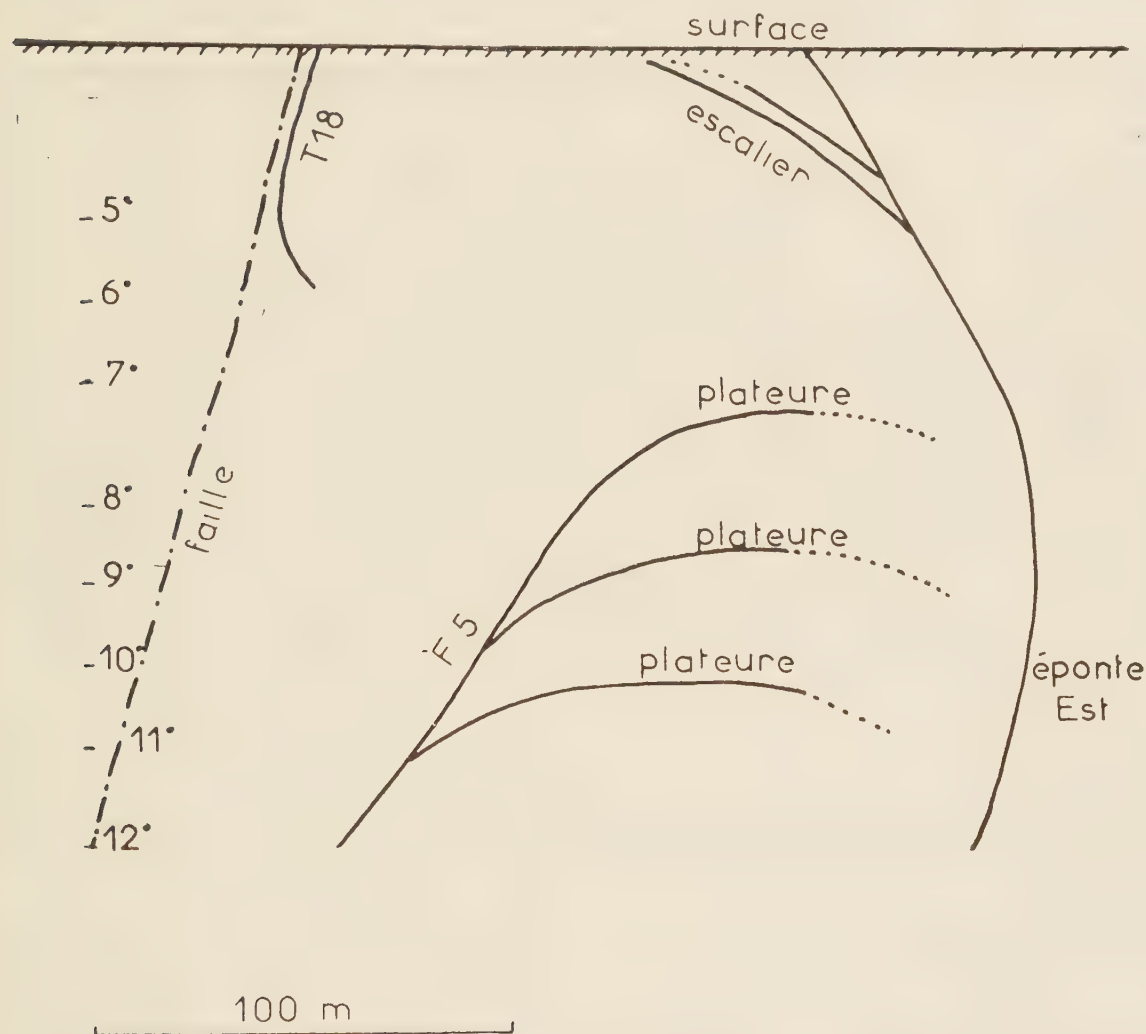


FIG. 34

Coupe verticale selon le grand axe de la pipe

à 50 cm. Dans certaines zones caractéristiques en bordure de la pipe, la brèche est composée presque exclusivement de morceaux de ce genre, jusqu'à une distance de 10 à 20 mètres du bord de la pipe. Ces morceaux ont alors un arrangement particulier très visible sur la figure 37 : les morceaux distants de 10 à 20 m de l'éponte sont disposés horizontalement, la schistosité étant alors perpendiculaire à la schistosité initiale. Quand on se rapproche du bord de la pipe, on voit les morceaux se redresser progressivement pour

devenir verticaux à proximité de celui-ci, les plans de coupe des morceaux étant alors parallèles à la limite de la pipe.

Lorsque la pipe recoupe des filons de granulite ou de minette, on trouve, à l'intérieur de la pipe à proximité du filon recoupé, des morceaux provenant de ce filon et qui composent maintenant la brèche. Plus on se trouve en bordure à l'intérieur de la pipe, plus les morceaux sont groupés au voisinage du filon en place dans la roche encaissante; plus on s'éloigne, plus ils s'éparpillent dans la brèche.

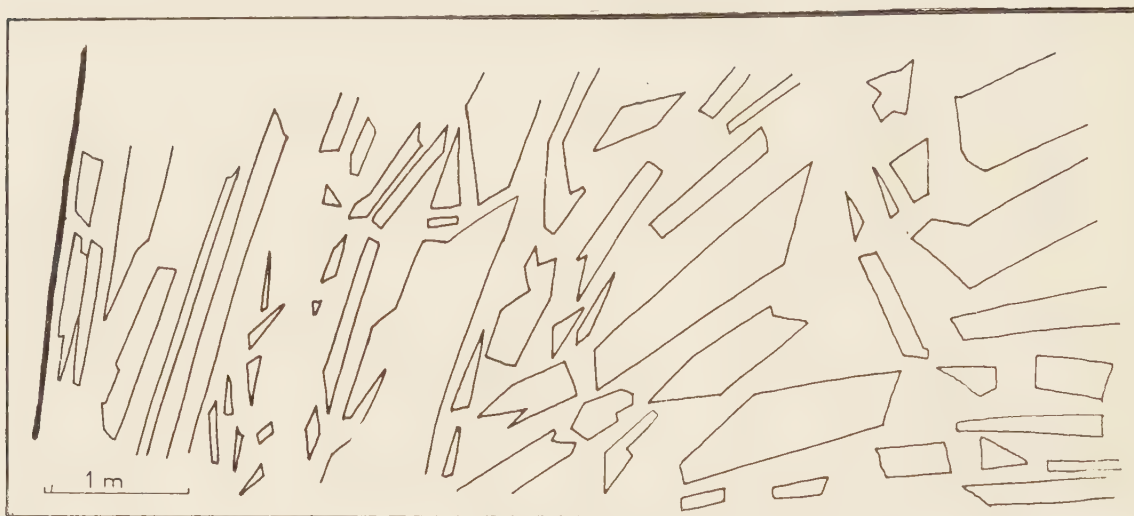


FIG. 37

Croquis pris dans le croiseur 1 au 12^e niveau, montrant, à partir de l'éponte représentée à gauche, la disposition des morceaux de gneiss dans le quartz, qu'on peut interpréter comme un mouvement de chute (la schistosité de la roche en place est horizontale).

3^e Eponte.

On passe brusquement de l'intérieur de la pipe à la roche encaissante. Il existe une éponte bien marquée, semblable à l'éponte d'un filon.

4^e Zones particulières.

a) LA GAINÉ.

Une différenciation se remarque dans la constitution de la brèche, à l'éponte. Le corps bréchique de la pipe est nettement séparé de l'éponte par une zone très riche en quartz dont l'épaisseur varie de 0,5 à 2 mètres. Cette zone est très bien marquée à tel point qu'avant cette étude les exploitants appelaient les contours Nord et Sud de la brèche : filons croiseurs (croiseur 1 et croiseur 2). Cette zone quartzeuse qui peut être considérée comme une gaine de la pipe, est composée soit de quartz massif, soit d'une brèche à proportion ciment/morceaux égale ou supérieure à $\frac{1}{2}$.

b) LE FILON 5.

J'ai signalé qu'en profondeur l'extrémité de la pipe se dilatait, effectuant la forme d'un ovale au neuvième niveau et celle d'un cercle au douzième niveau. Bouclant le

tracé de l'ovale et du cercle à l'intérieur même de la pipe, les travaux ont rencontré à partir du huitième niveau une sorte de filon de quartz courbe qui se raccorde tangentiellement au Nord ou au Sud à la gaine quartzreuse de la pipe (fig. 32 - onzième niveau). Ce fait structural appelé filon 5 est une vraie cassure (au sens du mineur métallique) ; et bien qu'en certains points son allure soit perturbée par de gros blocs du remplissage bréchique qu'il contourne, il traverse généralement sans être influencé blocs et ciment quartzeux de la brèche.

Sur un plan vertical selon le grand axe de la pipe (fig. 34) le filon 5 apparaît comme un arc pendant vers l'Ouest et s'infléchissant aux neuvième et huitième niveaux. Dans l'espace cette zone prend à peu près la forme d'une tuile romaine dont la ligne de faite serait arquée.

La puissance de ce filon est en moyenne de 0,50 m variant de 0,10 m à 0,80 m. Elle est plus forte aux points de raccordement avec la gaine.

c) LES PLATEURES.

Aux 8^e, 10^e et 12^e niveaux, les travaux ont rencontré des cassures quartzseuses que l'on peut comparer à des diaphragmes de la zone intérieure Est de la pipe limitée par la gaine et le filon 5 (fig. 33 - 34). Ce sont des cassures en forme de dôme aplati se raccordant à la pipe et au filon 5 suivant un contour à peu près horizontal. La plateure supérieure représente le prolongement du filon 5. Les plateures découpent cette zone en un empilement de calottes d'une épaisseur moyenne de 40 mètres.

La cassure de ces plateures, bien que régulière en coupe est beaucoup plus affectée par le remplissage bréchique que la cassure du filon 5. Elle est onduleuse et irrégulière, serpente entre les blocs de la brèche, mais aussi parfois les divise.

La puissance varie de 0,10 m à 0,70 m avec une moyenne de 0,40 m.

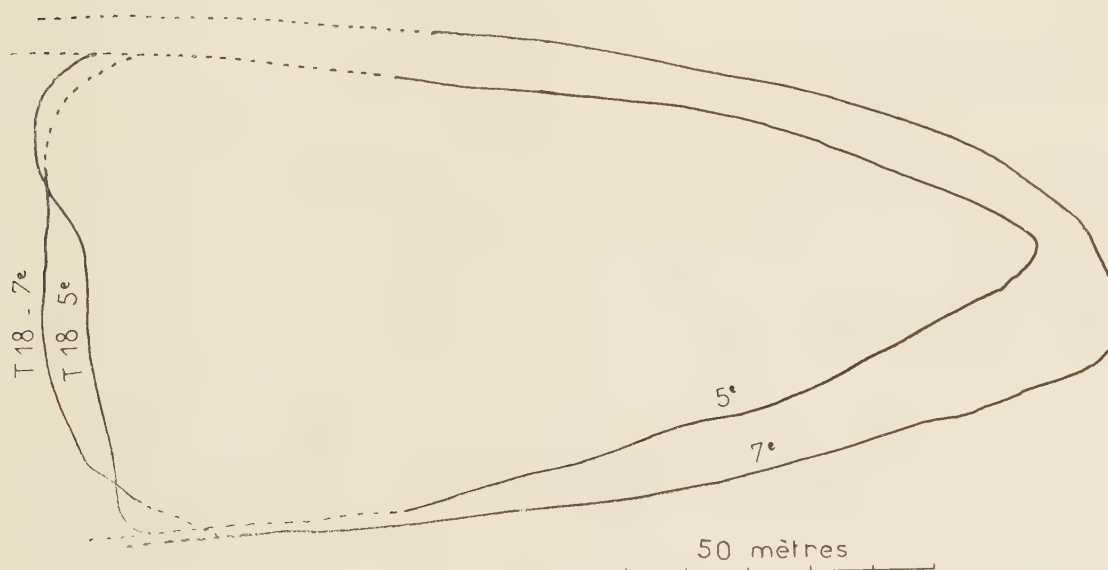


FIG. 39

Trace de la gaine et du T 18 sur les plans du 5^e niveau et du 7^e niveau

d) LE T 18.

Cette zone présente une grande ressemblance avec celle du filon 5 (fig. 34 et 39). C'est en effet une fracture irrégulière, en arc, dont la convexité est tournée vers l'Ouest et qui se raccorde tangentiellement à la gaine au Nord et au Sud, à 150 m de la pointe Est de la pipe. Elle est connue et exploitée à partir du 4^e niveau jusqu'en surface (35 mètres). Puissante de 0,50 m à 3 mètres (moyenne 1,20 m) jusqu'au 4^e niveau et d'un léger pendage Est, cette zone selon les anciens plans se coincerait en profondeur en prenant un pendage Est plus marqué.

e) LA ZONE DE L'ESCALIER.

Cette zone dans laquelle les premiers exploitants ont taillé un escalier à même le quartz est presque au contact de la pointe Est de l'ovale. Sur une coupe Est-Ouest, elle s'allonge du 1^{er} au 2^e niveaux, montrant un pendage Est de 30° et une puissance de plusieurs mètres (fig. 34).

5° Etude pétrographique.

La pipe est encaissée dans les gneiss. L'étude pétrographique de la concession a



FIG. 40

Trace en surface de la pipe et des filons de granulite
et de minette qu'elle recoupe

classé ces gneiss en plusieurs types allant du micaschiste légèrement feldspathique au gneiss à biotite de type plus profond. L'examen de terrains encaissants révèle que ces

gneiss sont à Puy-les-Vignes étagés. Les micaschistes feldspathiques se rencontrent en surface près du compartiment Ouest ; les autres affleurent en surface dans le compartiment Est et le type à biotite est atteint au 12^e niveau, à une profondeur de 200 mètres.

Ces gneiss encaissants sont traversés par deux filons de granulite orientés Nord 45° Est et de pendage 45° Est et un filon de minette orienté Nord 10° Est et de pendage 70° Ouest. Ces filons sont recoupés par la pipe (fig. 40).

L'intérieur de la pipe est rempli par une brèche des roches encaissantes. En ce qui concerne les blocs de gneiss, on peut remarquer le phénomène suivant : le gneiss qui constitue les blocs de la brèche situés au bord de la pipe correspond au gneiss de l'éponte voisine, mais plus on avance vers le centre plus on rencontre des blocs constitués par du gneiss d'un type plus élevé dans la série. Ainsi les blocs du centre de la pipe dans le compartiment Est sont constitués par du micaschiste feldspathique alors que le gneiss encaissant est un gneiss feuilleté à feldspath abondant. De même au centre de la pipe au douzième niveau, les blocs sont constitués par du gneiss à muscovite, biotite, chlorite et séricite vert clair, alors que le gneiss encaissant est un gneiss plus foncé à biotite dominante.

En dehors de ce fait pétrographique à l'échelle du gisement, le fait le plus marquant à l'échelle de l'élément de brèche est la tourmalinisation. Tous les blocs de la brèche ont subi une tourmalinisation plus ou moins poussée.

Pour certains blocs, cette tourmalinisation n'est décelable qu'à la loupe ou au microscope ; mais la plupart des blocs sont entourés d'une fourrure de tourmalinite dont l'épaisseur varie de 1 à 20 cm. Dans certaines zones les blocs ont subi une tourmalinisation complète.

6° Etude minéralogique.

a) LES ESPÈCES MINÉRALES.

Les espèces minérales rencontrées à Puy-les-Vignes sont :

Wolframite. — La wolframite se présente sous forme de lames d'une taille variant de $\frac{1}{2}$ à 20 cm. Les cristaux sont aplatis suivant h^1 qui est mal marqué, le clivage g^1 est très net.

La wolframite se trouve dans le quartz ou la tourmalinite.

Scheelite. — Elle se présente toujours sous forme d'octaèdre $b \frac{1}{2}$ quand elle est isolée, soit incluse dans le quartz, soit implantée dans les géodes. La taille des cristaux varie de quelques mm à 8 cm.

La scheelite est souvent transformée en wolframite. La texture est alors miarolitique et le minerai présente l'aspect d'une scorie. On rencontre parfois des pseudomorphoses de scheelite en wolframite (reinite) ayant conservé les formes de l'octaèdre $b \frac{1}{2}$.

Mispickel. — Le mispickel présente deux faciès :

— en amas informes et irréguliers allant de la mouche au bloc de 1 à 2 dm³ ;

— en petits cristaux parfaits à l'intérieur des blocs de la brèche ou dans des amas de séricite verte. Ils ont une taille variant de $\frac{1}{4}$ à 3 mm et se présentent en prismes courts montrant les faces m et le dôme $e4$.

Pyrite. — Elle se présente sous deux faciès :

— l'amas informe allant de la mouche aux blocs de plusieurs dm³ ;

— en amas de cubes de pyrite enchevêtrés et soudés. Ces amas peuvent atteindre le m³.

Bismuth. — Le bismuth n'est jamais automorphe. Il est toujours :
— soit limité par les formes des cristaux adjacents ;
— soit en inclusions arrondies dans d'autres minéraux.

Chalcopyrite. — On la trouve en inclusions ou en amas informes de quelques centimètres.

Blende. — Elle se trouve en petits amas dans le quartz clair d'un filon recoupant la pipe au premier niveau. Elle n'est pas cristallisée, mais présente un grain fin.

Apatite. — On la rencontre dans le quartz où elle montre des cristaux subhexagonaux de $\frac{1}{2}$ à 4 cm.

Mica. — La muscovite présente des lamelles de 1 à 10 mm, en nids dans le quartz ;
— la séricite forme parfois des agrégats verts de très petites lamelles accolées.

Adulaire. — L'adulaire se rencontre en amas peu volumineux dépassant rarement quelques centimètres cubes. Elle se présente toujours sous forme d'agrégats de cristaux de section losangique.

Orthose. — Elle se présente dans le quartz en amas de 1 cm³ à 1 dm³. Ses cristaux uniformes, soudés, ne sont jamais maclés.

b) RÉPARTITION DES ESPÈCES MINÉRALES DANS LA PIPE.

Les minéraux essentiels se répartissent de la façon suivante dans les structures du gisement :

Pipe. — La pipe est caractérisée par une tourmalinisation abondante. Les minéraux essentiels qu'on rencontre dans le quartz sont : la wolframite, la pyrite, le mispickel, la reinite.

La proportion de pyrite augmente régulièrement avec la profondeur.

La reinite se rencontre à la pointe Est de la gaine. Elle est abondante également au raccordement des plateures et de la gaine. Entre les raccordements, on trouve la scheelite qui devient abondante sous le douzième niveau. La pointe Ouest de la gaine montre une grande quantité de reinite.

F 5. — La pyrite et le mispickel sont ici plus abondants que dans la gaine. L'apatite y est également abondante.

Plateures. — La sidérose est plus abondante que dans la gaine et le F 5. L'orthose a été trouvée à la jonction des plateures et du F 5.

c) RÉPARTITION DE LA MINÉRALISATION EN WOLFRAMITE.

La brèche n'est pas ou est très peu minéralisée bien qu'en certains endroits des galeries qui n'avaient pas pour but de reconnaître la brèche aient rencontré des passages relativement minéralisés. Les zones exploitables ou pour mieux dire jusqu'à présent exploitées sont : la gaine de la pipe, le T 18, le filon 5 et les plateures.

La minéralisation du T 18, du filon 5 et des plateures est contenue dans la bande de quartz qui marque ces structures, quand leurs épontes sont bien dessinées. Quand leurs épontes sont floues et l'allure hésitante, la brèche adjacente est également minéralisée.

Le cas de la gaine est plus particulier. On a vu que cette gaine peut s'apparenter à un filon de quartz longeant le contact pipe - gneiss encaissant. Cependant, seule la partie touchant la roche encaissante peut se comparer à l'éponte d'un filon puisque sa limite peut être tracée avec netteté ; l'autre partie est souvent moins nette, elle se charge progressivement en blocs de brèche et passe latéralement et peu à peu à la brèche normale du remplissage de la pipe. La minéralisation suit elle aussi cette transition : la zone la plus quartzeuse de la gaine contient la partie la plus importante de la minéralisation et la teneur diminue peu à peu, plus ou moins rapidement lorsqu'on se déplace vers l'intérieur de la pipe. En général, seule, une zone dont la puissance varie de 0,80 à 2 m est exploitée.



FIG. 42

Coupe selon le grand axe de la pipe
en pointillé : la zone exploitante de la gaine

Toute la gaine de la pipe n'est pas minéralisée, et la figure 42 montre la répartition des zones exploitées ou exploitables. Pour les niveaux supérieurs, la zone exploitable est comprise entre la pointe Est et une ligne distante de T 18 de 50 mètres. Pour les niveaux inférieurs, seule la partie comprise entre le filon 5 et la pointe est exploitable.

La zone de l'escalier pose un problème. Les anciens y ont poussé une descenderie dont le daisne est taillé en escalier à même le quartz. Ce quartz ne montre aucune trace de wolframile mais cette constatation est peut-être due au fait que tous les cristaux ont été enlevés au pic. Jusqu'à présent aucune reconnaissance n'a été poussée dans cette zone, peu accessible, des anciens travaux.

B) RECONSTITUTION DE LA DYNAMIQUE DE FORMATION DU GISEMENT

1^o Identification du gisement.

La concentration de la minéralisation à la pointe Est du gisement, telle que l'a montrée la figure 42 est la première raison pour laquelle les travaux miniers se sont cantonnés dans cette zone. La seconde raison est la présence de la faille limite. La troisième est la déception qui suivit la timide exploration effectuée par les anciens au quatrième niveau dans le compartiment Ouest.

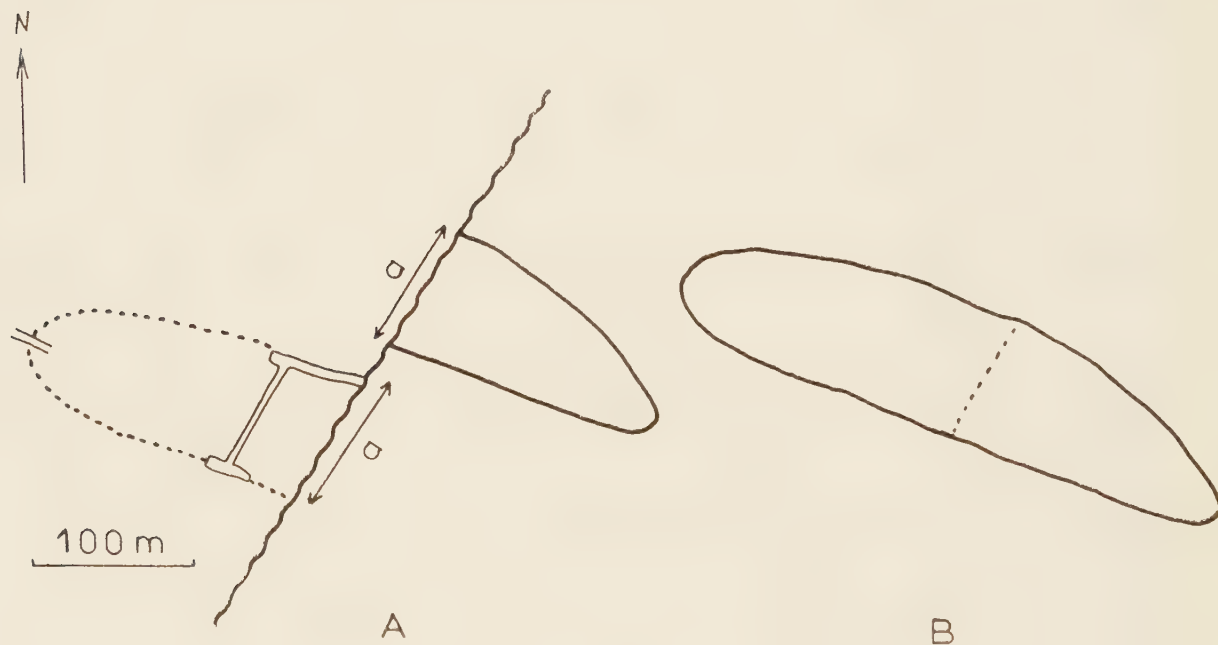


FIG. 43

Figure montrant la reconstitution de la trace superficielle de la pipe

Cette exploration a eu au moins l'intérêt de délimiter localement la zone de brèche du compartiment Ouest et de permettre d'en amorcer le tracé aux abords de la faille. Le fait que les longueurs horizontales de brèche en contact avec la faille soient à peu près égales dans les deux compartiments a permis de conclure que l'une est le rejet de l'autre (fig. 43).

Enfin, une tranchée de poudrière, bien heureusement située, a révélé une trace qui a été interprétée comme un contact. Elle a permis de boucler le tracé de la zone de brèche du compartiment Ouest.

C'est ainsi qu'a pu être reconstituée une coupe horizontale de cette structure qui, par comparaison avec quelques structures analogues décrites dans la littérature géologique, a été définie comme une pipe de brèche.

2° Etude du mode de formation des pipes.

Identifier un gisement comme étant une pipe de brèche est très satisfaisant pour un géologue. Cela l'est également, mais à un degré beaucoup moindre, pour un mineur. Celui-ci pose en général des questions très précises, et en l'occurrence, ce qui l'intéressait surtout était de savoir s'il était possible de rencontrer des zones minéralisées dans le compartiment Ouest et aussi si la zone minéralisée de la pointe Est qu'il suivait depuis la surface allait se poursuivre en profondeur.

Pour répondre à ces questions, il fallait pousser l'étude beaucoup plus loin. En effet, si la minéralisation avait été intimement liée à la pipe de brèche et uniformément répartie, tout raisonnement s'appliquant à la pipe aurait valu pour la minéralisation. Mais le cas était différent : la minéralisation était nettement localisée dans des structures particulières et curieuses dont l'origine était inconnue. Un seul chemin s'offrait à la recherche, celui des causes de la formation de ces structures. Une fois ces causes connues, il fallait rechercher si, dans le compartiment Ouest et en profondeur, les mêmes causes ou des causes identiques avaient pu produire les mêmes effets.

a) BIBLIOGRAPHIE.

Dans la bibliographie géologique, quelques pipes connues dans le monde sont plus ou moins sommairement décrites [BUTLER, 1913] ; [EMMONS, 1938] ; [FORGAN, 1950] ; [KUHN, 1941] ; [LINGREN BASTIN, 1922] ; [WISSER, 1927].

A la lecture, les idées générales suivantes peuvent être présentées :

— les pipes se rencontrent en terrains variés : cristallins, volcaniques ou sédimentaires ;

— elles se situent dans la majorité des cas à l'intersection de directions tectoniques bien marquées : failles ou plus souvent fractures indiquées ou non par des venues éruptives ;

— leur section est toujours sub-circulaire ou ovale ;

— leurs dimensions varient de 9×30 mètres à 360×600 mètres ;

— elles sont verticales ou fortement pentées ;

— certaines n'affleurent pas et se terminent par un dôme ;

— leur hauteur dépasse parfois 600 mètres ;

— elles sont remplies généralement par une brèche de morceaux anguleux, non classés, d'une taille variant du petit éclat au bloc de plusieurs mètres cubes. Ces morceaux sont souvent chargés en tourmaline, séricite, chlorite, quartz ;

— le ciment est quartzeux ;

— ce ciment contient la minéralisation.

Les hypothèses émises par les géologues pour expliquer la formation de ces pipes sont diverses :

— la plupart d'entre eux, se basant sur les relations spatiales et l'analogie étroite

qui existent entre les pipes bréchiques et les formations éruptives, ont été amenés à attribuer leur origine soit aux efforts dynamiques de mise en place des magmas, soit à des explosions ou des pressions volcaniques (au siècle dernier DAVBRÉE émettait déjà l'hypothèse selon laquelle les gisements diamantifères de Kimberley seraient dus à la puissance perforatrice des gaz) ;

— d'autres admettent l'effondrement causé, soit par une subsidence d'un magma sous-jacent, soit par une action dissolvante des eaux qui aurait affaibli la roche.

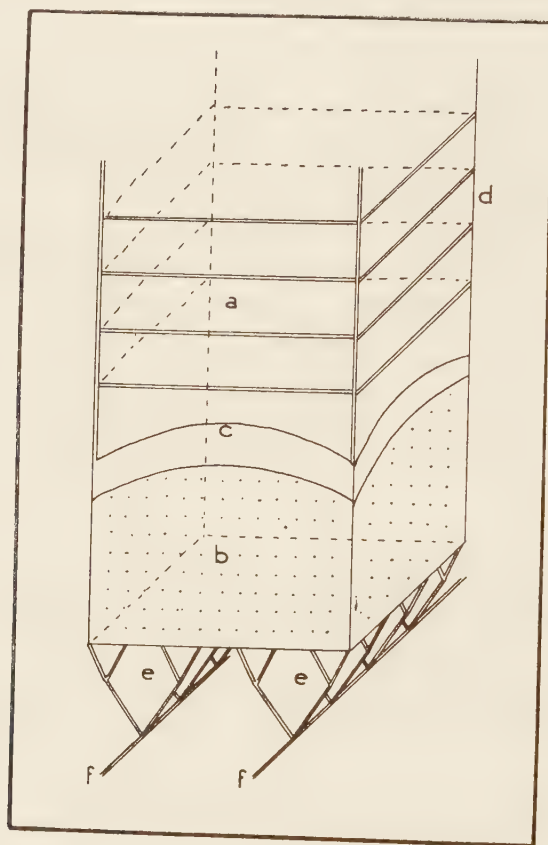


FIG. 44

Schéma d'une exploitation par block-caving. En a : roche en place. En b : roche effondrée. En c : dôme d'équilibre. En d : réseau de galeries destiné à affaiblir la roche selon des plans qui dirigeront l'effondrement. En e : galeries de soutirage. En f : galeries de chargement et de roulage. Les dimensions d'un tel block varient de 50 à 150 mètres.

Qu'ils soient tenants du mécanisme ascendant par explosion ou du mécanisme descendant par effondrement tous ces auteurs admettent qu'en général les intersections de fractures favorisent la formation des pipes.

On peut tirer de cette bibliographie des renseignements d'ordre général, mais peu d'éléments de réponse aux questions posées par l'exploitant du Puy-les-Vignes ; en particulier, aucune description de structures comparables aux plateures et aux filons courbes n'a été rencontrée.

b) ETUDE DE DEUX PHÉNOMÈNES D'EFFONDREMENT.

L'analogie de la forme des plateures avec le dôme d'effondrement de Fayol a dirigé les recherches vers les phénomènes d'effondrement, dont deux ont particulièrement attiré mon attention. L'un est un phénomène provoqué par l'homme : c'est le mode d'abattage utilisé dans la méthode d'exploitation des mines métalliques par block-caving. L'autre est un phénomène naturel d'éboulement à grande échelle qui a été minutieusement observé par WISSER dans la mine de Bisbee en Arizona [WISSER, 1927].

a) *Méthode d'exploitation par block-caving* (fig. 44).

Dans la méthode d'exploitation par block-caving, on sous-cave un parallélépipède de minerai de dimension variant de 50 à 150 mètres et on laisse ensuite s'ébouler toute la partie surplombant le vide de base. Les terrains tendent alors à former au-dessus de la cavité ainsi créée un dôme d'équilibre. Mais les dimensions accordées au chantier sont telles que les pressions introduites dépassent la tenacité de la roche et l'éboulement se poursuit, limité latéralement par des cassures marginales qui précèdent l'éboulement. En creusant à l'avance des rideaux de galeries selon les quatre faces latérales du parallélépipède, on crée des plans de moindre résistance avec lesquels on cherche à faire coïncider les cassures marginales.

Lorsque l'éboulement atteint la surface, il se manifeste par un trou qui centre les cassures marginales. A ce moment, le chantier se présente comme une cheminée verticale remplie d'un matériel de brèche à angles vifs, à morceaux non classés, mélangés et ayant subi une rotation dans leur chute.

β) *Observation de WISSER à Bisbee.*

WISSER a pu assister à la formation d'effondrements dont les résultats s'apparentent à des pipes de brèche naturelles. Le gisement de Bisbee (Arizona) est constitué par des amas pyriteux tabulaires dus au remplacement préférentiel de certains horizons calcaires. L'oxydation, accompagnée de dissolution par les eaux, crée dans ces amas des vides qui constituent des sous-caves naturelles. Ces sous-caves provoquent des effondrements que WISSER a minutieusement observés et décrits.

Ces observations vont nous permettre de préciser le mécanisme de l'effondrement dont l'étude du block-caving a déjà tracé les grandes lignes.

Le front de l'éboulement est toujours un dôme (fig. 45). L'éboulement de ce dôme progresse selon des cassures marginales qui sont en avance sur l'éboulement et dont la trace en plan est circulaire ou ovale. Le mécanisme de la progression de l'effondrement est le suivant. Dans la partie découpée par les cassures marginales, s'amorcent, à partir de ces cassures, des craquelures parallèles au dôme d'équilibre. Les craquelures s'étendent jusqu'à couvrir toute la surface de l'éboulement et forment alors des craquelures en dôme. Avec le dôme d'équilibre auquel elles sont parallèles, ces craquelures découpent un empi-

lage de deux ou trois calottes. L'effondrement s'effectue calotte par calotte de la façon suivante : le centre de la calotte, où la fracturation, déjà amorcée dans le plan horizontal

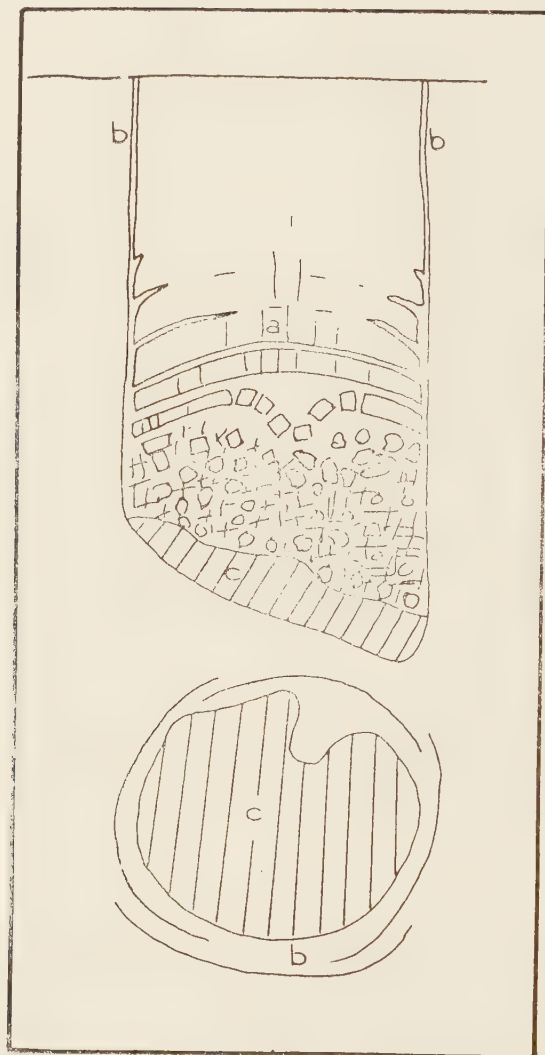


FIG. 45

Schéma d'après WISSER, d'une « breccia pipe » naturelle telle que cet auteur l'a observée à Bisbee (Arizona). En a : craquelures en dôme et affaissement en « calottes ». En b : cassures marginales. En c : minéral dont l'oxydation et la dissolution ont créé le vide.

par les cassures en dôme se parfait par des craquelures verticales, cède le premier : lorsque la clé de voûte a cédé, l'éboulement se propage jusqu'à l'éponte.

3° Mode de formation de la pipe de Puy-les-Vignes.

Les caractéristiques du block-caving et des éboulements de Bisbee sont extrêmement suggestives. On est immédiatement porté à rapprocher d'eux les faits structuraux de la pipe de Puy-les-Vignes et de conclure que celle-ci s'est formée par effondrement.

Les arguments en faveur de cette thèse sont :

1. — Des analogies avec les effondrements artificiels par block-caving et les effondrements naturels décrits par WISSER :

- forme ovale ou sub-circulaire de la pipe ;
- matériel de brèche non classé et ayant subi une rotation ;
- cassures marginales nettes, sub-verticales en coupe verticale et courbes en plan ;
- cassures en dôme représentées par les plateures.

2. — L'observation de faits caractéristiques :

- les blocs qui composent la brèche à un niveau donné correspondent pétrographiquement à un faciès de gneiss encaissant qu'on trouve à un niveau plus élevé. Ce fait, de plus en plus marqué à mesure qu'on approche du centre de la pipe, indique un effondrement de terrain, effondrement plus important au centre qu'en bordure de la pipe ;
- l'examen de certains travaux miniers dans la gaine révèle le laminage de l'éponte et la formation par cisaillement de lames de gneiss ; ces lames dessinent, parfois avec netteté, une chute progressive de la brèche suivant un mouvement d'effondrement plus accentué au centre de la pipe (fig. 37).

L'hypothèse qui vient d'être émise donne une interprétation satisfaisante des faits pris isolément. Mais, si on regroupe ceux-ci pour un examen global de la pipe, on s'aperçoit que le problème posé est plus complexe. En effet, les zones explorées, qui montrent un remplissage bréchique d'une cheminée ovale correspondent bien à ce que l'on connaît maintenant des pipes. Mais les travaux de WISSER présentent les craquelures en dôme comme le front de progression d'un effondrement ; elles s'inscrivent dans la roche en place et la brèche n'apparaît que sous le dôme d'effondrement. Or, à Puy-les-Vignes, les plateures apparaissent à mi-hauteur du gisement reconnu et s'inscrivent dans la brèche.

4° Précisions apportées à la connaissance structurale du gisement par l'étude du mode de formation des pipes.

En considérant à nouveau la coupe verticale parallèle au petit axe de la pipe que représente la figure 33, on remarque que l'élargissement de la pipe à sa partie inférieure coïncide avec la rencontre des plateures. Sur une coupe verticale parallèle au grand axe, telle que la représente la figure 34, on remarque que c'est également à la rencontre des plateures que le pendage de la pointe Est s'est inversé. Sur la figure 46 qui représente une projection horizontale des cinquième, huitième et douzième niveaux, on remarque que la zone des plateures, qui est limitée à l'Est par l'éponte de la pipe et à l'Ouest par le filon 5, tend de plus en plus à prendre la forme d'un cercle et à s'individualiser en débordant peu à peu de l'ogive dans laquelle elle s'inscrivait dans les niveaux intermédiaires.

Toute se passe comme si l'on se trouvait en présence de deux structures superposées.

De la première structure, on connaît la section ovale en surface, l'éponte Est et le remplissage de brèche. Ces faits caractérisent une pipe de brèche. L'hypothèse la plus simple est donc de supposer que cette première structure représente une pipe de brèche.

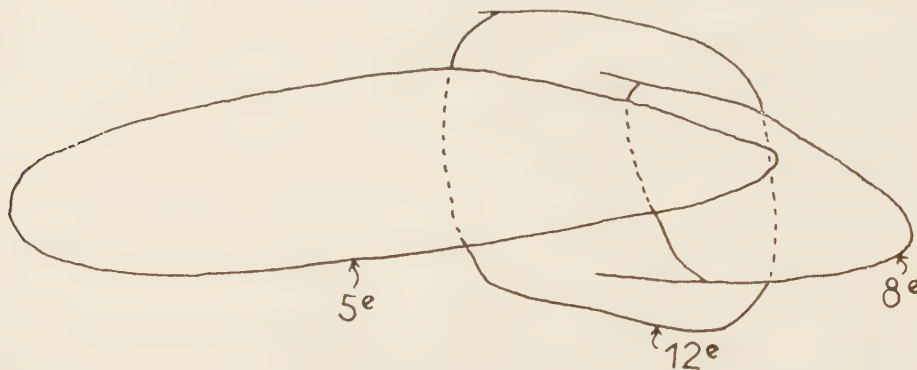


FIG. 46

Trace de la pipe sur les plans des 5^e, 8^e et 12^e niveaux

La seconde structure s'inscrit dans la partie Est de la première et même la déborde aux niveaux inférieurs. Les formes sont comparables à celles des effondrements décrits par WISSER et ses cassures reproduisent exactement un front d'effondrement. On peut déceler en effet :

- des craquelures en dôme représentées par les plateures ;
- des cassures marginales intérieures représentées par la limite Est qui se confond avec l'éponte de la première pipe, et par une limite Ouest représentée par le filon 5 qui s'inscrit dans la brèche de la première pipe ;
- des cassures marginales supérieures qui ne sont pas dans le prolongement des précédentes, qui ne s'inscrivent donc pas dans les gneiss, mais dans la première pipe, où d'une part, à l'Ouest, elles forment le T 18, et d'autre part, à l'Est, elles se confondent avec l'éponte ;
- une amorce de craquelure en dôme : la zone de l'escalier.

En conclusion, les structures de brèche rencontrées à Puy-les-Vignes, peuvent être interprétées de la façon suivante : une première pipe de brèche, de section ovale, traverse les gneiss et affleure en surface. Une seconde pipe de brèche, de section circulaire, a progressé dans la partie Est de la première pipe par laquelle elle a été peu à peu canalisée et dans laquelle elle s'est coincée, imprimant dans les terrains ses cassures de tête d'effondrement.

5° Répartition de la minéralisation en accord avec la connaissance nouvelle du gisement.

L'identification des structures éclaire d'un jour nouveau la répartition de la minéralisation.

Si l'on néglige ces zones de brèche qui, en certains endroits, ont paru contenir une minéralisation inexploitable, et si l'on précise que la partie Est de la gaine de la première pipe peut également être considérée comme une cassure marginale de la seconde, on peut dire que toutes les structures minéralisées, jusqu'à présent rencontrées, appartiennent à la seconde pipe.

C) ETABLISSEMENT D'UN PREMIER PROGRAMME DE TRAVAUX

Deux problèmes bien précis sont posés par l'exploitant :

- existe-t-il des zones minéralisées dans le compartiment Ouest ?
- la zone minéralisée actuellement suivie se poursuit-elle en profondeur ?

Ces problèmes vont maintenant être considérés séparément et, pour chacun d'eux, la recherche va être conduite en deux étapes :

- d'abord la recherche des possibilités d'extension des structures du gisement ;
- ensuite la possibilité de rencontrer dans ces structures des zones minéralisées.

1° Extension du gisement dans le compartiment Ouest.

a) POSSIBILITÉ D'EXTENSION DES STRUCTURES DU GISEMENT.

La partie du gisement située dans le compartiment Ouest de la faille limite n'a été reconnue que très localement, à une profondeur de 35 mètres et aux abords de la faille (fig. 43).

Les données de cette reconnaissance permettent seulement de considérer cette brèche comme le rejet de celle reconnue dans le compartiment Est. Le raccordement des deux zones et le tracé des limites de la brèche fait apparaître un ovale qui est la section

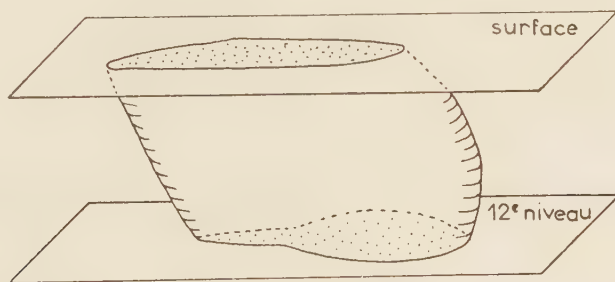


FIG. 47

Première hypothèse concernant l'extension latérale de la pipe. Cas d'une pipe régulière.

superficielle de la pipe. Le compartiment Est permet de tracer la limite Est de cette pipe, mais on ne possède aucun renseignement sur l'allure de la limite Ouest et donc sur l'allure générale en profondeur de la pipe.

On peut émettre, à son sujet, deux hypothèses :

- 1° La première structure n'est formée que par une seule pipe

- α) Cette pipe est régulière ; dans ce cas, dans le plan vertical passant par le grand axe de la pipe, la limite Ouest est parallèle à la limite Est et la forme générale se rapproche de celle représentée par la figure 47 ;
- β) Cette pipe est irrégulière : un des schémas possibles est représenté par la figure 48.

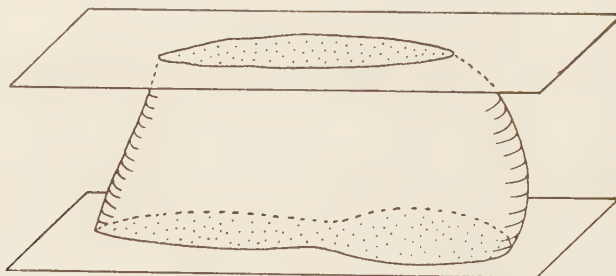


FIG. 48

Deuxième hypothèse : cas d'une pipe irrégulière

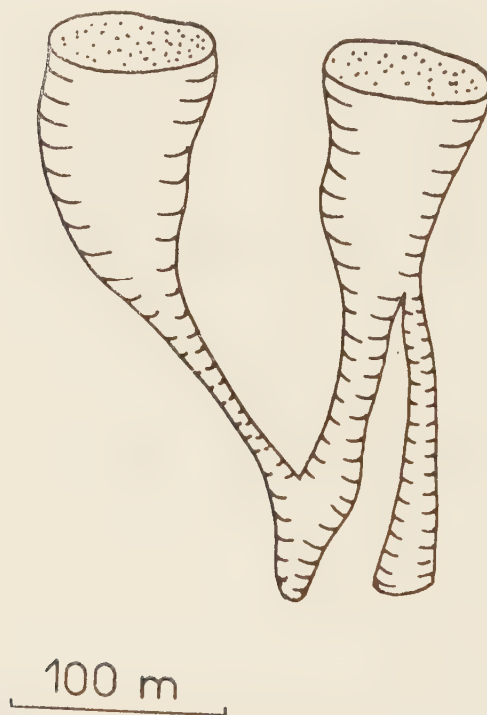


FIG. 49

Schéma des Childs-Aldwinkle pipes
(Copper Creek Area Arizona), d'après KHUN

2° Cette première structure est formée par plusieurs pipes qui s'accolent près de la surface. Un cas semblable est connu à Adwinkle pipe (fig. 49). Un schéma possible est représenté par la figure 48.

D'après la littérature géologique, le schéma type de la pipe est une cheminée verticale ou très pentée, de section circulaire à ovale. L'hypothèse la plus simple et la plus probable est donc celle représentée par la figure 47 dans laquelle la limite de la pointe Ouest est parallèle à la limite connue de la pointe Est.

Les travaux miniers ont atteint actuellement une profondeur de 200 mètres dans le compartiment Est. Une incursion à ce niveau dans le compartiment Ouest permettrait immédiatement de relier la trace de la brèche suivie à ce niveau avec celle de la surface et de reconstituer ici l'allure de la pipe.

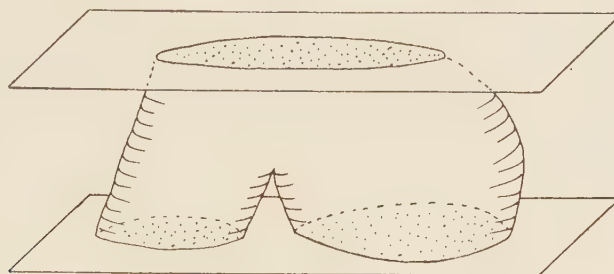


FIG. 50

Troisième hypothèse : cas d'une pipe double

b) EXTENSION DES ZONES MINÉRALISÉES.

L'étude du compartiment connu de la pipe a montré que la minéralisation est, d'une part, disséminée de façon inexploitable dans la brèche et, d'autre part, concentrée dans les structures de la seconde pipe.

Les travaux de reconnaissance du compartiment Ouest devront donc rechercher :

- si la minéralisation disséminée dans la brèche n'est pas plus importante dans ce compartiment que dans l'autre ;
- si l'inscription de la seconde pipe rencontrée dans le compartiment Est n'a pas eu de répercussion dans le compartiment Ouest sous forme de craquelures minéralisées ;
- si une troisième pipe analogue à la seconde n'a pas envahi ce compartiment en y inscrivant des structures minéralisées.

On peut difficilement établir un programme plus précis avant que la reconnaissance dans le compartiment Ouest ait permis de tracer l'allure générale du gisement.

2° Extension du gisement en profondeur.

a) EXTENSION DES STRUCTURES DU GISEMENT.

On a vu que la seconde pipe possède une individualité bien marquée. Elle ne s'inscrit pas exactement dans la première pipe et ne peut être considérée comme un phénomène intérieur. Au contraire, en profondeur, elle déborde des limites de la première pipe et imprime sa propre forme au gisement. Elle doit donc être considérée comme une structure particulière qui, ayant rencontré la première pipe, s'y est trouvée canalisée et s'y est laissée coïncider.

Le block-caving et les travaux de WISSER nous ont appris que les craquelures en dôme représentent le front d'un effondrement, donc le sommet d'une pipe de brèche. Ces

craquelures étant parallèles au dôme d'effondrement, la brèche doit se trouver sous le dernier dôme.

Les travaux miniers de Puy-les-Vignes se trouvent donc au niveau des plateures, dans les structures de sommet d'une pipe de brèche. On peut donc en conclure que cette pipe se poursuit en profondeur. Il est impossible de dire jusqu'où, mais il paraît mécaniquement satisfaisant d'attribuer à la hauteur minima de la brèche une dimension équivalente au diamètre du dôme d'effondrement. Dans ce cas, la pipe se poursuit au moins sur une profondeur de 100 mètres.

Existe-t-il d'autres plateures sous le douzième niveau (200 mètres) ? Les cassures en dôme représentent les prémisses de l'effondrement, et leur inscription dans les terrains est progressive. A un moment donné, dans les schémas connus, le nombre de cassures formées ou nettement amorcées n'excède pas deux ou trois. Comme on en connaît déjà trois à Puy-les-Vignes, il ne semble donc pas qu'il faille s'attendre à en trouver d'autres sous celles du douzième niveau, ou au maximum une seule avant de rencontrer la brèche de la deuxième pipe.

b) EXTENSION DE LA MINÉRALISATION.

a) *En profondeur.*

Dans les zones actuellement connues, la minéralisation est contenue dans les structures de la seconde pipe. Le raisonnement précédent qui conclut à un prolongement des structures de la seconde pipe en profondeur permet d'espérer que la minéralisation se poursuit aussi.

Lorsque l'on pourra identifier avec certitude la dernière craquelure en dôme, il pourra être intéressant de rechercher, vers le centre de la pipe, sous cette dernière plateure, la zone d'effondrement qui, liée aux structures de la seconde pipe, pourrait être minéralisée. En effet, WISSER signale que l'effondrement s'amorce à la clé de la dernière calotte avant de se propager jusqu'aux épontes (fig. 45).

β) *Dans les niveaux supérieurs.*

On comprend qu'un exploitant ne tienne pas à revenir dans les niveaux supérieurs déséquipés et considérés comme exploités. Mais il semble qu'à la lumière de l'interprétation de la structure du gisement, établie ici, on doive reconsidérer certaines zones. Les structures rencontrées sont originales et certaines particularités ou certaines allures ont pu échapper ou être incomprises du mineur métallique habitué à exploiter des filons sub-verticaux. Le fait suivant le démontre bien. La première plateure fut rencontrée au dixième niveau ; l'hypothèse émise alors d'une craquelure en diaphragme avait rencontré l'incrédulité. Par la suite une recherche dans les niveaux supérieurs de structure analogue avait permis de déceler le départ de la plateure du huitième niveau.

On a vu que la seconde pipe s'était coïncée dans la première et que, réfléchies par l'éponte Est de la première pipe, ses craquelures marginales avaient été déviées. Ces craquelures marginales coïncident à l'Est avec la gaine de la première pipe et forment à l'intérieur de la brèche le T 18. Cette dernière craquelure doit donc être en relation avec

la deuxième pipe. Il serait intéressant de la reconnaître en profondeur. D'autre part, les craquelures en dôme sont précédées par des amorces branchées sur les cassures marginales. Il semble qu'on puisse considérer la zone de l'escalier comme une de ces amorces. L'existence d'autres craquelures de ce genre est probable (fig. 51).

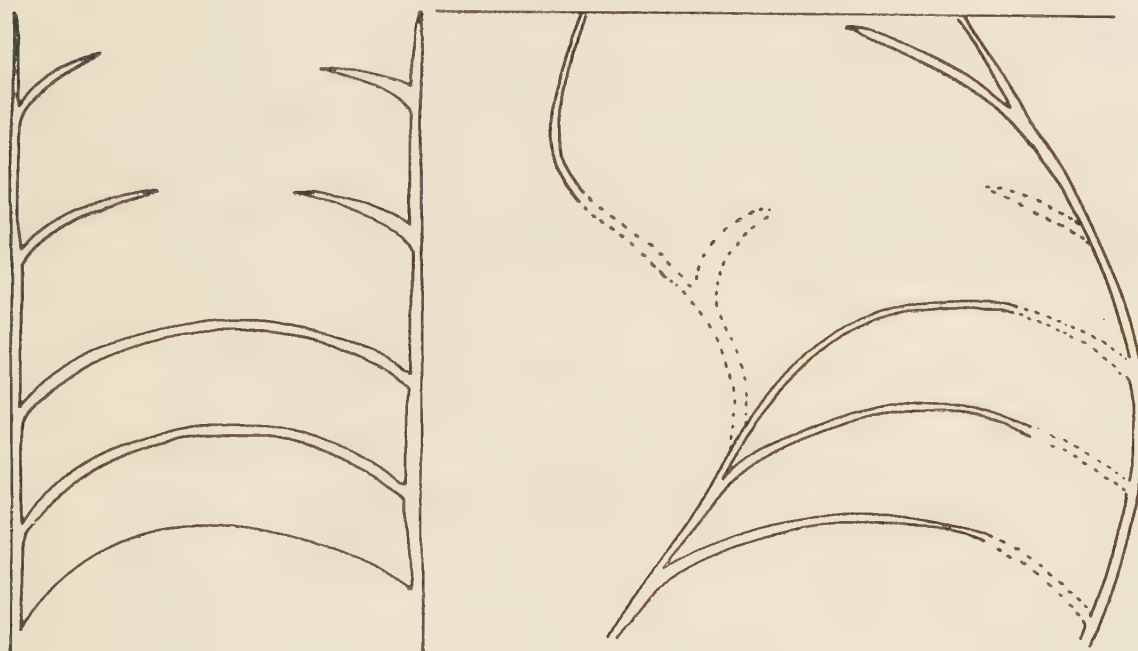


FIG. 51

Comparaison entre le schéma d'effondrement de WISSER et la structure de la pipe de Puy-les-Vignes
(en pointillé : cassures supposées)

D) RESULTATS DU PREMIER PROGRAMME DE TRAVAUX

Le programme précédent a été établi en 1949, à une époque où les travaux miniers avaient atteint le douzième niveau (200 mètres). Il fut réalisé en 1952. Le treizième niveau (216 mètres) étant alors tracé, c'est à ce niveau que se fit la reconnaissance du compartiment Ouest.

Les données recueillies ont permis :

- de définir la forme des pipes,
- de préciser l'allure de la minéralisation,
- d'énoncer une loi de répartition de la minéralisation,
- d'émettre une hypothèse sur la structure profonde du gisement,
- d'établir un programme d'exploration de la profondeur.

1^o Précisions sur la forme des pipes.

La figure 52 montre le contour du gisement tel qu'ont permis de le reconstituer les travaux de reconnaissance du treizième niveau. Le contour des deux pipes apparaît nette-

ment. En reliant ces contours à ceux, connus, des niveaux supérieurs et de la surface, on peut déterminer la forme et l'allure des deux pipes.

α) Forme de la première pipe.

Les tracés en surface, au huitième niveau et au treizième niveau des contours de la première pipe permettent de dégager sa forme (fig. 53 et 54).

L'éponte de la pointe Ouest, au treizième niveau, a un pendage qui correspond à la pente d'une droite menée de cette pointe à la pointe correspondante de la surface.

Si l'on prolonge l'éponte Ouest ainsi que l'éponte Est, on s'aperçoit qu'elles convergent vers le bas, laissant supposer que cette pipe, comme certaines pipes citées dans la littérature géologique, se termine en pointe à la base.

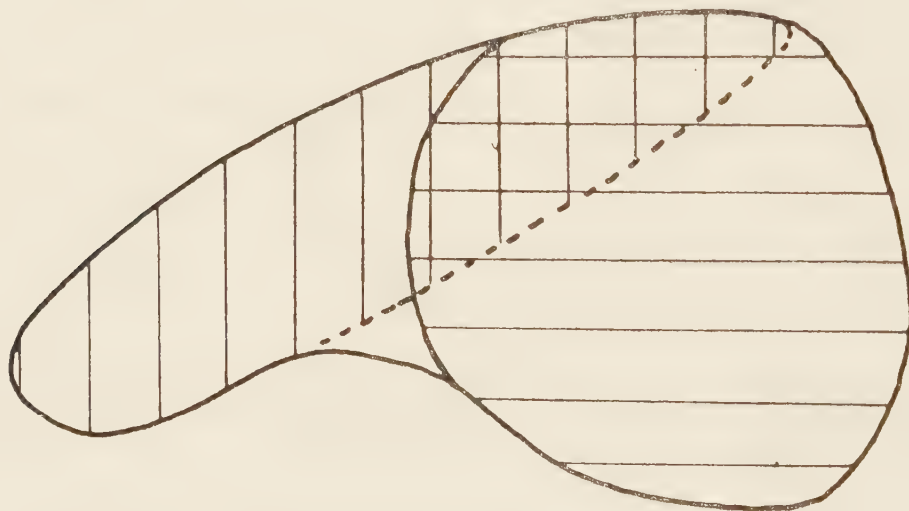


FIG. 52

Trace des pipes sur le plan du 13° niveau

On peut donc décomposer cette pipe en deux parties : une partie inférieure en forme de cône inversé de section ovale, surmontée d'une cheminée oblique de section également ovale, mais constante. En examinant avec plus d'attention la figure 53 on peut remarquer que le grand axe de l'ovale a subi une légère rotation.

β) Forme de la seconde pipe.

On n'en connaît que la tête ; mais elle forme une cheminée de brèche suffisamment allongée pour qu'on puisse dire que son axe est penté en sens inverse de celui de la première pipe c'est-à-dire vers le Nord-Ouest. Cette seconde pipe qui dans les niveaux

moyens s'inscrit à l'intérieur de la première en affectant une forme ovale, en débordant dans les niveaux inférieurs en affectant une forme circulaire.

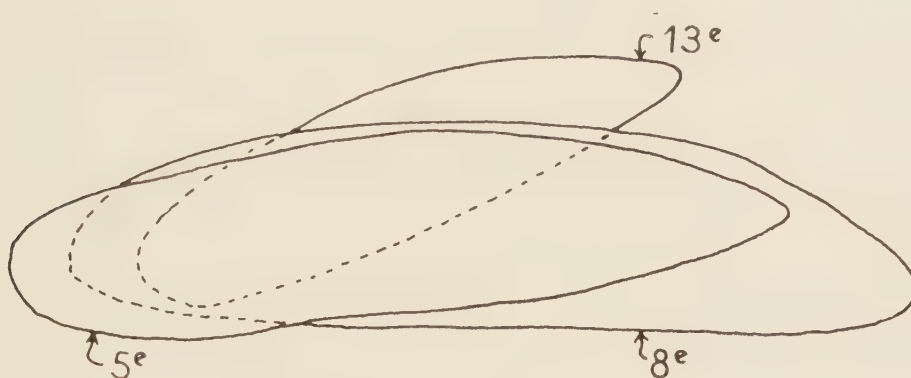


FIG. 53

Trace de la 1^{re} pipe sur les plans des 5°, 8° et 13° niveaux

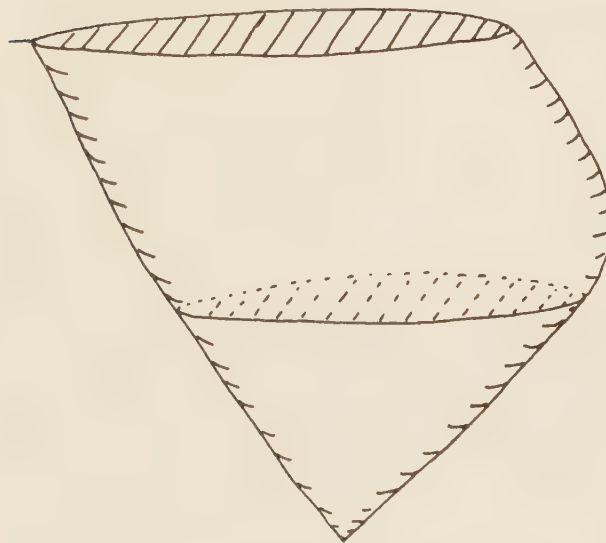


FIG. 54

Coupe verticale, selon le grand axe,
de la première pipe

La figure 55 indique les cassures extérieures de cette seconde pipe que les travaux récents ont permis de déceler ; on remarque :

- le prolongement en profondeur du T 18,
- une craquelure Ouest branchée sur le T 18 et se prolongeant dans le compartiment Ouest,
- des contre-plateures, branchées sur le filon 5.

Ces dernières craquelures sont moins importantes et moins nettes que les plateures, leur puissance n'est que de 2 à 10 centimètres, et seul un œil bien exercé peut les déceler dans la brèche.



FIG. 55

Coupe verticale selon le grand axe montrant les cassures internes — a : plateure du treizième — b : plateure du septième — c : T 18 — d : zone de l'escalier — e, f, g : plateures des huitième, dixième, douzième niveaux — h : F 5 — i, j : contre plateures.

2° Essai de reconstitution du mécanisme de formation des pipes de Puy-les-Vignes.

Il a été admis que l'hypothèse la plus plausible émise sur la formation des pipes de brèche était celle mettant en jeu un phénomène d'effondrement à progression ascendante, le front de progression étant constitué par des cassures marginales et des craquelures en coupôles dont l'inscription dans la roche précède et prépare l'effondrement.

Ce mécanisme peut être appliqué à la formation des deux pipes de Puy-les-Vignes. A partir d'un point que situe maintenant la base de la première pipe, l'effondrement s'est développé en s'évasant (1). Dès qu'une surface en rapport avec la ténacité de la roche a été atteinte, l'effondrement s'est développé en formant une cheminée à section relativement constante.

On ne connaît que la queue de cette première pipe, la tête qui existait peut-être et qui comportait probablement des structures particulières telles que les plateures a été détruite par l'érosion.

On ignore encore où se situe l'origine de la seconde pipe. Au treizième niveau son effondrement progresse en détruisant toute la partie Est de la première pipe. Mais peu à peu elle se trouve canalisée dans le fourreau que constitue celle-ci et s'y coince. Comme son pendage est inverse, elle heurte bientôt l'éponte et arrête sa progression. Ainsi se trouvent figées dans les terrains ses structures internes et ses structures externes.

(1) Une hypothèse sur la formation du vide de base nécessaire à l'effondrement a été émise dans une précédente étude [WEPPE, 1950].

a) STRUCTURES INTERNES.

Ce sont les structures qui composent son front proprement dit. Elles comprennent la succession de craquelures en dôme qui découpent les calottes d'effondrement et qui sont représentées par les plateures, et les cassures marginales qui forment à l'Ouest le « filon 5 » et qui, à l'Est, coïncident avec la gaine de la première pipe.

b) STRUCTURES EXTERNES.

L'effondrement, en rencontrant l'éponte Est de la première pipe, a été réfléchi. Dévié dans la brèche, il y a d'abord inscrit ses cassures marginales et ses amorces de craquelures en dôme, puis devant l'inaptitude de ces structures à propager l'éboulement, il a tenté de s'étendre à toute la masse de la première pipe.

Les cassures marginales se confondent à l'Est avec la gaine de la première pipe et forment à l'Ouest le T 18. Cette dernière cassure, telle que l'ont définie les récents travaux qui l'ont tracée en profondeur, peut être décomposée en deux amorces de craquelures branchées sur la craquelure marginale (fig. 56). Une autre amorce de craquelure est représentée par la zone de l'escalier.

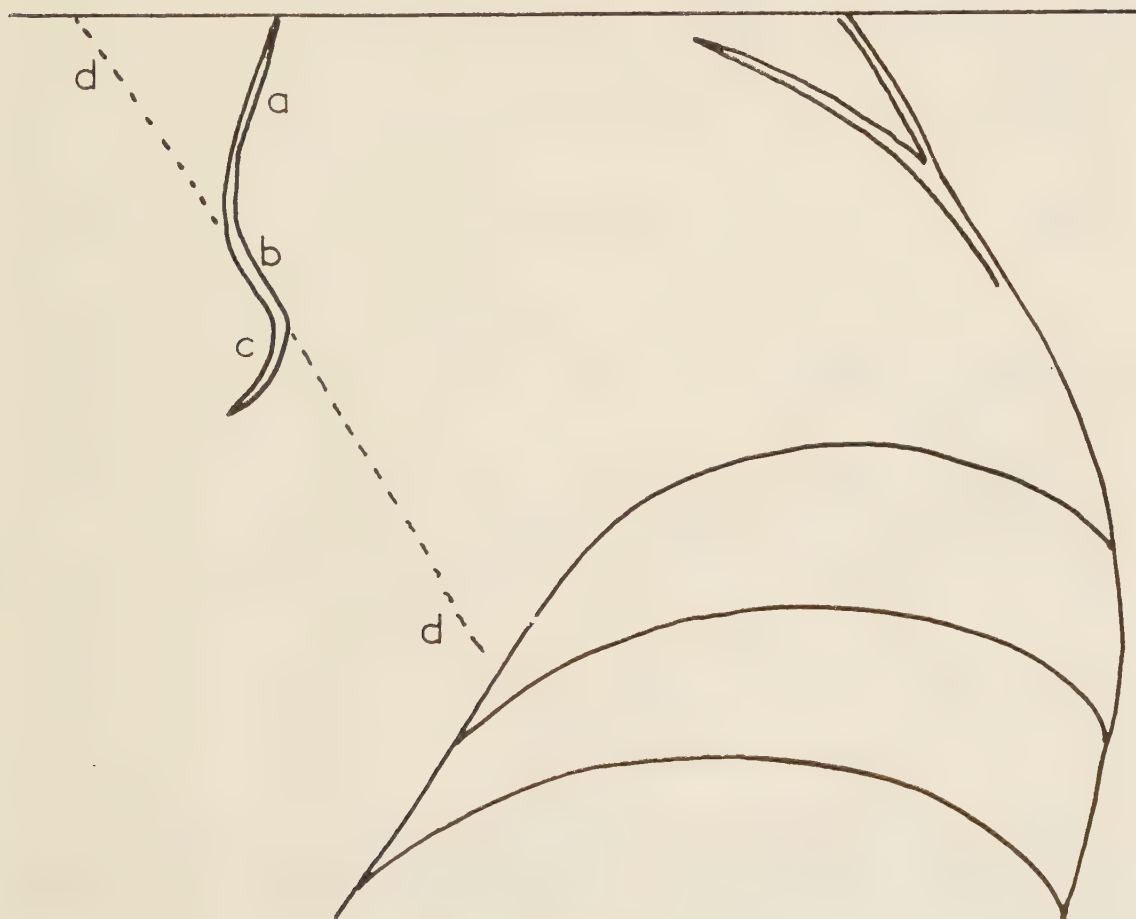


FIG. 56

Interprétation du T 18 — en pointillé : trace de la cassure marginale — a : amorce de cassure en dôme — b : partie correspondant à la cassure marginale — c : amorce de contre plateure.

La répercussion de l'effondrement dans la zone de la brèche s'est traduite par la formation de craquelures en dôme entre les cassures marginales de la seconde pipe (filon 5 et T 18) et l'éponte Ouest de la première pipe. Il est donc permis de supposer qu'une cassure marginale s'est ébauchée à l'Ouest coïncidant avec cette éponte.

3° Faits nouveaux concernant la répartition de la minéralisation dans le gisement.

Le traçage de la pointe Ouest de la première pipe au treizième niveau a montré que la gaine était minéralisée sur tout le pourtour. Les travaux du compartiment Est avaient montré que cette gaine n'était pas minéralisée immédiatement à l'Ouest du filon 5. Comme elle l'était à la pointe Ouest, il devenait intéressant d'en délimiter l'extension en hauteur. Un traçage de la gaine dans le compartiment Ouest au dixième niveau fut donc décidé. Ce traçage avait en outre l'avantage de permettre par des montages entre treizième et dixième niveaux de boucler l'aérage et d'exploiter cette zone. Au dixième niveau, seule la pointe Ouest de la gaine, sur une trentaine de mètres, se montre minéralisée.

On peut, en ajoutant ces données à celles déjà accumulées par l'exploitation, dresser le tableau suivant de la répartition de la minéralisation (fig. 57).



FIG. 57

Répartition de la minéralisation dans la gaine entre la surface et le treizième niveau.

La minéralisation qui était localisée à la pointe Est de la pipe a brusquement diminué en profondeur à partir du onzième niveau. Elle a suivi les plateaux étagés du huitième au douzième niveaux en se déplaçant vers l'Ouest, puis s'est concentrée à la pointe Ouest de la pipe.

Dans la partie supérieure du gisement, la minéralisation était concentrée dans la gaine de la première pipe, sur son pourtour Est. Dans la partie médiane elle est concen-

trée dans les plateures et dans la gaine de la seconde pipe sur tout son pourtour. Dans la partie inférieure elle est concentrée dans les pourlours Ouest de la gaine de la première et de la seconde pipe.

Dans la partie supérieure, la minéralisation était concentrée à l'éponte, dans une bande assez bien marquée et quartzeuse, dont la puissance variait de un à deux mètres ; on manque de données sur la teneur des niveaux supérieurs, celle des niveaux du huitième au dixième varie entre 0,8 et 2 % en $W O^3$.

A partir du onzième niveau, cette bande quartzeuse a diminué de puissance : 0,50 m à 0,80 m ; et sa teneur est tombée à 0,20 - 0,40 % en $W O^3$.

Les plateures, compte tenu des nécessités d'abatage qui obligent à prendre une puissance minimum permettant le travail de l'ouvrier, peuvent être considérées comme des bandes puissantes de 0,80 à 2 mètres donnant un minerai d'une teneur moyenne de 0,40 à 0,60 % en $W O^3$. Le F 5 diminue régulièrement de puissance ; sa bande de quartz qui atteignait 0,40 à 1,20 m au huitième niveau est réduite à 0,20 au treizième et sa teneur en $W O^3$ est passée de 1 à 0,4 %.

La gaine minéralisée de la partie inférieure du gisement, située à l'éponte Ouest, diffère de celle de la partie supérieure. La bande de quartz est ici inexistante ; c'est la brèche elle-même qui, à partir de l'éponte, se trouve minéralisée sur une puissance variable. Au treizième niveau, aux flancs de la pipe, la puissance minéralisée est de deux à trois mètres ; elle atteint cinq à six mètres à la pointe. Au dixième niveau cette puissance est de l'ordre de deux mètres. La teneur moyenne est partout peu différente de 0,4 % de $W O^3$.

A l'éponte Ouest de la pipe, la minéralisation s'étend donc selon un triangle à base courbe dont la pointe aboutirait au neuvième niveau environ.

4° Loi de la répartition de la minéralisation.

L'interprétation des structures, jointe à l'étude de la répartition dans ces structures des zones minéralisées ont permis d'énoncer une loi de la répartition de la minéralisation dans ce gisement.

La minéralisation est intimement liée aux structures d'effondrement de la seconde pipe. Dans ces structures elle se localise de préférence dans les zones supérieures. Tout se passe comme si la minéralisation avait surgi au moment de la formation de la seconde pipe, et que, jouissant d'un pouvoir ascensionnel elle avait pris place dans les fractures supérieures créées par l'effondrement.

Ce fait particulier caractérise :

— La gaine supérieure Est de la première pipe et le T 18 qui forment l'avant-garde de l'effondrement et l'esquissent.

— Les craquelures en dôme des plateures qui forment le front même de l'effondrement.

— Le filon 5 et la gaine Est qui constituent les cassures marginales, le F 5 est d'ailleurs plus minéralisé dans sa partie supérieure.

— La pointe Ouest de la première pipe à la base du compartiment Ouest qui représente une amorce de cassure marginale en liaison avec l'ultime tentative d'effondrement de toute la masse de la brèche. Le fait que la minéralisation ait pu monter dans cette zone qui correspond à la base du filon 5 explique pourquoi cette dernière cassure est peu minéralisée à cet endroit.

E) ETABLISSEMENT D'UN SECOND PROGRAMME DE TRAVAUX

1° Extension du gisement en profondeur.

a) EXTENSION DES STRUCTURES.

On peut émettre ici deux hypothèses :

1. — *Première hypothèse* : les pipes ont un foyer commun (fig. 58).

Dans ce cas on progresse vers un rapide coincement en profondeur, qui se situe au point de rencontre des deux épontes des pointes Est et Ouest, à une distance d'environ 400 mètres de la surface.

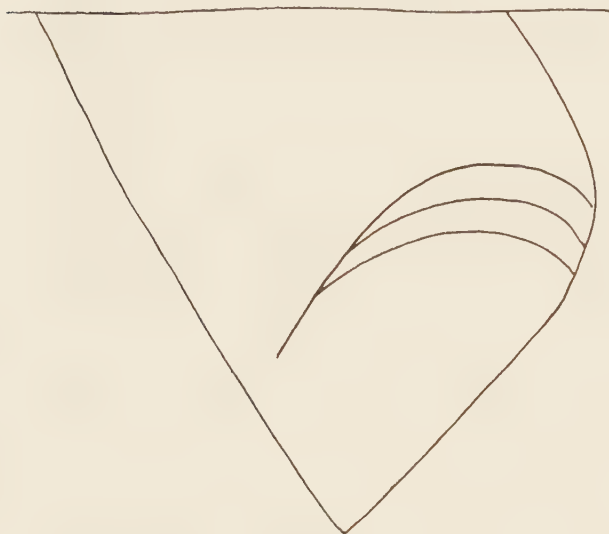


FIG. 58

Prolongement en profondeur des pipes.
Première hypothèse : les pipes ont un foyer commun.

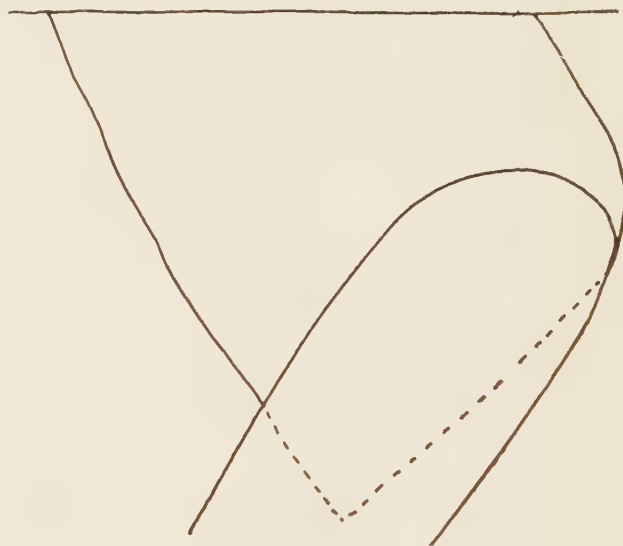


FIG. 59

Deuxième hypothèse :
les pipes ont des foyers différents.

2. — *Seconde hypothèse* : les pipes ont des foyers différents (fig. 59).

La seconde a abordé la première par sa base. Dans ce cas la seconde pipe se poursuit en profondeur.

La seconde hypothèse est de loin la plus vraisemblable. En effet la seconde pipe s'individualise nettement au treizième niveau et seule compte alors son allure qui est complètement étrangère à celle de la première pipe.

b) EXTENSION DES ZONES MINÉRALISÉES.

La figure 60 représente, superposés, le schéma le plus vraisemblable du gisement et de son prolongement en profondeur, et celui de la répartition de la minéralisation.

Si l'on prend en considération la loi selon laquelle la minéralisation s'est localisée dans les parties supérieures des structures d'effondrement causées par la seconde pipe, on peut prévoir que toute la pointe *a* limitée par les épontes Ouest convergentes des deux pipes doit être minéralisée. En effet, si la gaine Ouest s'est décollée au-dessus du treizième niveau pour constituer une cassure marginale, elle a dû se décoller également en

dessous pour permettre à cette cassure de rejoindre la source de l'effondrement que représenterait la seconde pipe. Par contre on peut prévoir que la zone b qui constitue une structure inférieure de la seconde pipe a peu de chances d'être minéralisée.

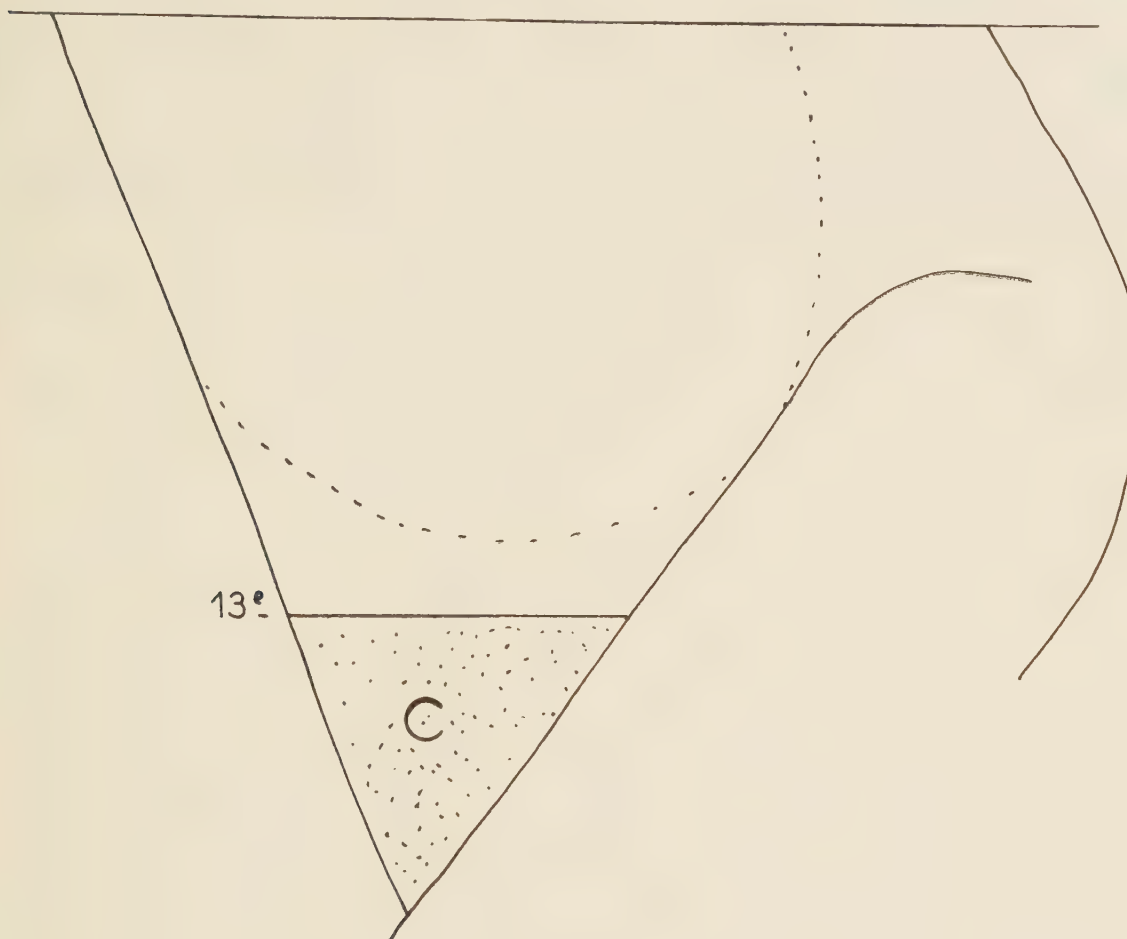


FIG. 60

En c : zone qu'on suppose minéralisée.

2° Extension de la minéralisation dans la partie supérieure du compartiment Ouest.

Les travaux effectués au treizième et dixième niveaux ont révélé la présence de fractures d'effondrement. Il serait intéressant d'explorer ce compartiment pour vérifier si l'effondrement ne s'est pas répercuté en hauteur, inscrivant ainsi dans la brèche des craquelures minéralisées.

F) RESULTATS DU SECOND PROGRAMME DE TRAVAUX

Une coupe verticale du gisement établie selon le grand axe et comportant la trace de la faille limite montre que si l'on veut atteindre la pointe inférieure de la brèche du compartiment Ouest il ne faut pas dépasser la profondeur de 300 mètres. Les travaux de

reconnaissance ont été tracés au niveau 270 qui a constitué le quinzième étage. D'autre part, la gaine du compartiment Est au quatorzième et au quinzième niveaux a été tracée dans les zones où elle était minéralisée. L'exploration s'est faite par un puits intérieur situé à proximité de la faille limite. Deux raisons ont déterminé cet emplacement.

1. — une raison géologique : on a vu que la minéralisation se déportait vers l'Ouest et que d'après la loi de la répartition de la minéralisation, la pointe Est de la pipe où est situé le puits d'extraction avait peu de chances d'être minéralisée.

2. — une raison technique : le puits ayant atteint à cette profondeur sa limite de capacité, il devenait préférable de lui conserver cette capacité en effectuant l'extraction des niveaux inférieurs par un puits intérieur. L'extraction par le puits intérieur évitait d'autre part le traçage au stérile de galeries reliant la zone Ouest au puits.

La figure 61 montre la répartition de la minéralisation telle que les résultats du second programme de travaux permettent de la schématiser.

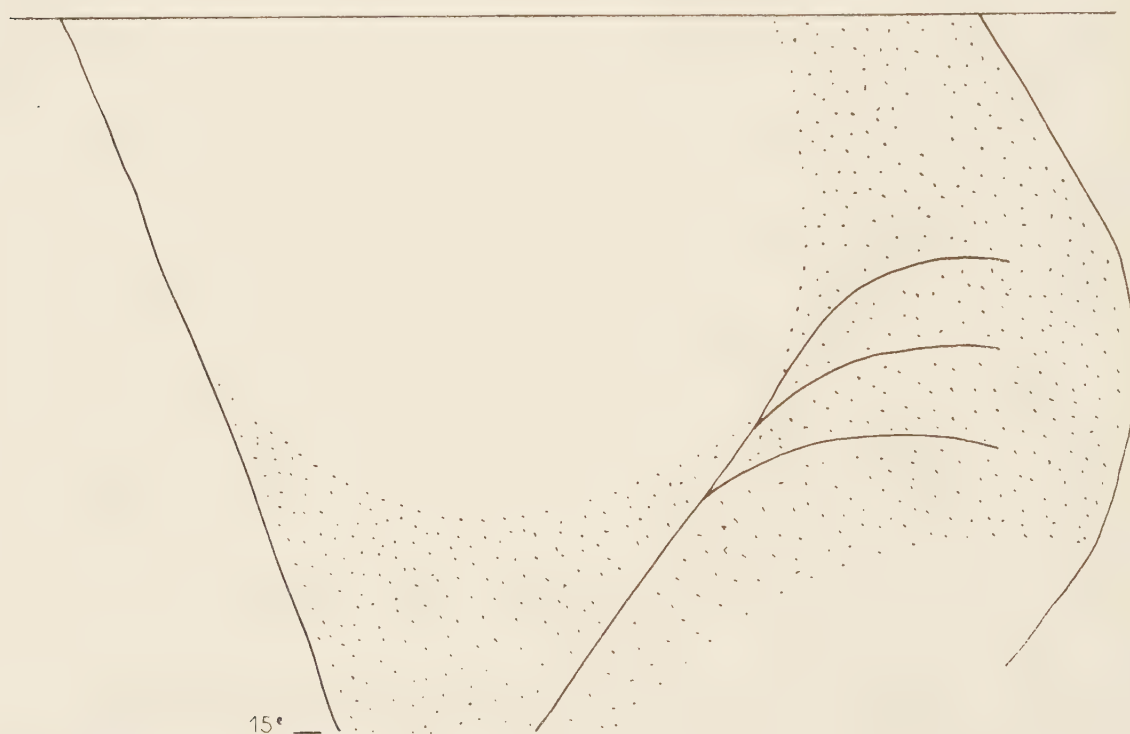


FIG. 61

Répartition de la minéralisation dans la gaine entre la surface et le quinzième niveau.

On peut remarquer :

— que la partie inférieure de la seconde pipe située à la pointe Est n'est pas minéralisée, ce qui confirme avec netteté la localisation de la minéralisation dans les parties supérieures des structures ;

— que la pointe Ouest de la première pipe située dans le compartiment Ouest est minéralisée. Les travaux ont en effet tracé là une gaine minéralisée sur une puissance

de 10 à 15 mètres à une teneur moyenne de 0,4 % de $W O_3$. Ce fait vérifie bien l'hypothèse mettant en jeu une répercussion de l'effondrement dans la masse de la brèche.

En fait la minéralisation de la gaine de la pointe Ouest se présente d'une façon différente de celle de la gaine de la pointe Est des niveaux supérieurs. Ce n'est pas une minéralisation régulière et diffuse de la gaine, mais une succession d'écailles minéralisées telles que les montre la figure 62. Chaque écaille est formée par une craquelure qui se raccorde à l'éponte et qui amorce une cassure en dôme. Chaque craquelure a une puissance de quelques centimètres de quartz, mais toute la brèche, à son toit et à son mur, est minéralisée sur une puissance de plusieurs mètres. La teneur de cette partie minéralisée approche 1 %, mais la teneur moyenne de l'ensemble exploité sur 12 mètres est de 0,4 %.

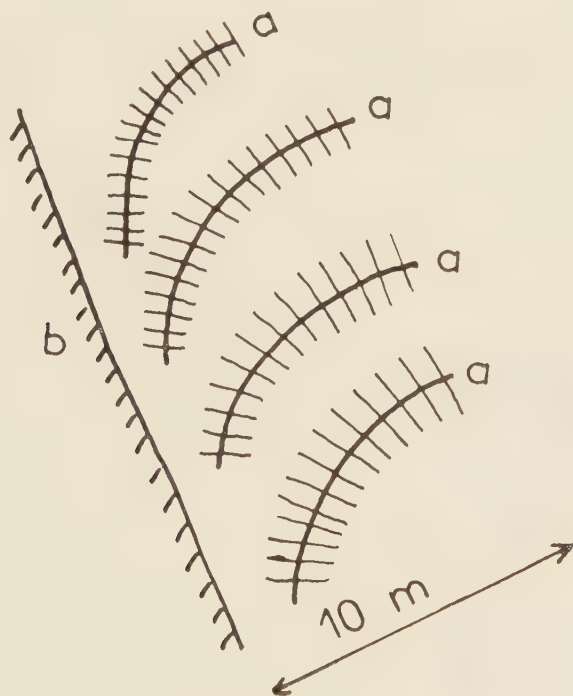


FIG. 62

Coupe de la gaine montrant le détail de la répartition de la minéralisation à l'éponte Ouest. — b : éponte Ouest — a : amorces de craquelures en dômes.

G) ETABLISSEMENT D'UN TROISIEME PROGRAMME DE TRAVAUX

1° Extension de la minéralisation en profondeur.

La figure 63 représente un schéma du gisement et de son allure probable en profondeur. Sur ce schéma a été projeté l'ensemble des zones minéralisées des gaines et des plateures.

L'allure de la minéralisation rend bien compte de sa localisation dans les parties supérieures des structures d'effondrement de la seconde pipe. On remarque notamment que le pied p du filon 5 ne constitue pas une partie supérieure des structures puisqu'il est surmonté du triangle t où l'effondrement s'est répercuté.



FIG. 63

Coupe selon le grand axe montrant la répartition de la minéralisation dans la gaine (pointillé) et dans les structures (trait barbelé) — T : pointe inférieure du compartiment Ouest — P : zone peu minéralisée du F 5 — C : éponte supérieure de la seconde pipe qu'on suppose minéralisée.

On peut en conclure que la seule zone qui puisse receler une minéralisation intéressante est la zone Ouest de la gaine de la seconde pipe située immédiatement sous le point de rencontre des deux gaines Ouest (zone c).

2° Extension de la minéralisation dans la partie supérieure du compartiment Ouest.

Les travaux de reconnaissance indiqués au programme précédent n'ont pas encore été effectués. Cependant un fait nouveau vient ajouter un argument en faveur d'une reconnaissance dans cette zone. C'est la rencontre, au treizième niveau, par une recoupe en travers de la brèche, d'une craquelure en dôme particulière.

On a vu que les travaux avaient :

— d'une part, décelé des amorces de craquelures qui se branchaient sur le filon 5, selon la figure 64 en a ;

— d'autre part, suivi une série d'amorces de craquelures le long de l'éponte Ouest de la première pipe en b.

Ces deux types de craquelures avaient été interprétées comme des amorces de craquelures en dôme dissymétriques résultant de l'effondrement de la seconde pipe répercuté dans la brèche de la première. En conséquence les amorces avaient été reliées selon le pointillé c.

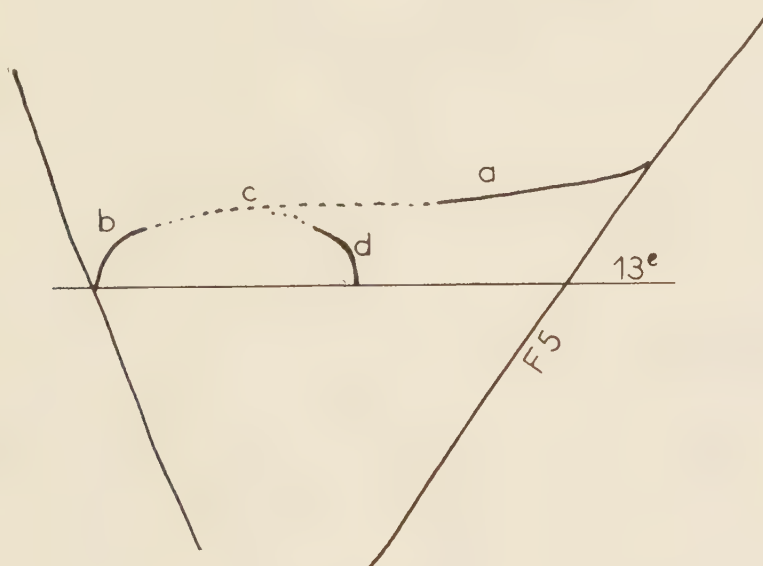


FIG. 64

Coupe verticale du compartiment Ouest au treizième niveau.

Une recoupe effectuée au treizième niveau dans la brèche (fig. 65) a révélé l'existence d'un dôme symétrique le raccordant à la craquelure b et pouvant se reporter en d sur la figure 64.

Cette constatation d'une tentative d'effondrement dans le compartiment Ouest, bien que ces craquelures ne soient pas comparables en puissance aux plateures de l'intérieur de la seconde pipe, permet de se demander si les répercussions de l'effondrement possible dans le compartiment Ouest n'y ont pas inscrit de cassures minéralisées. Cette hypothèse augmente l'intérêt d'une reconnaissance dans les zones supérieures de ce compartiment.

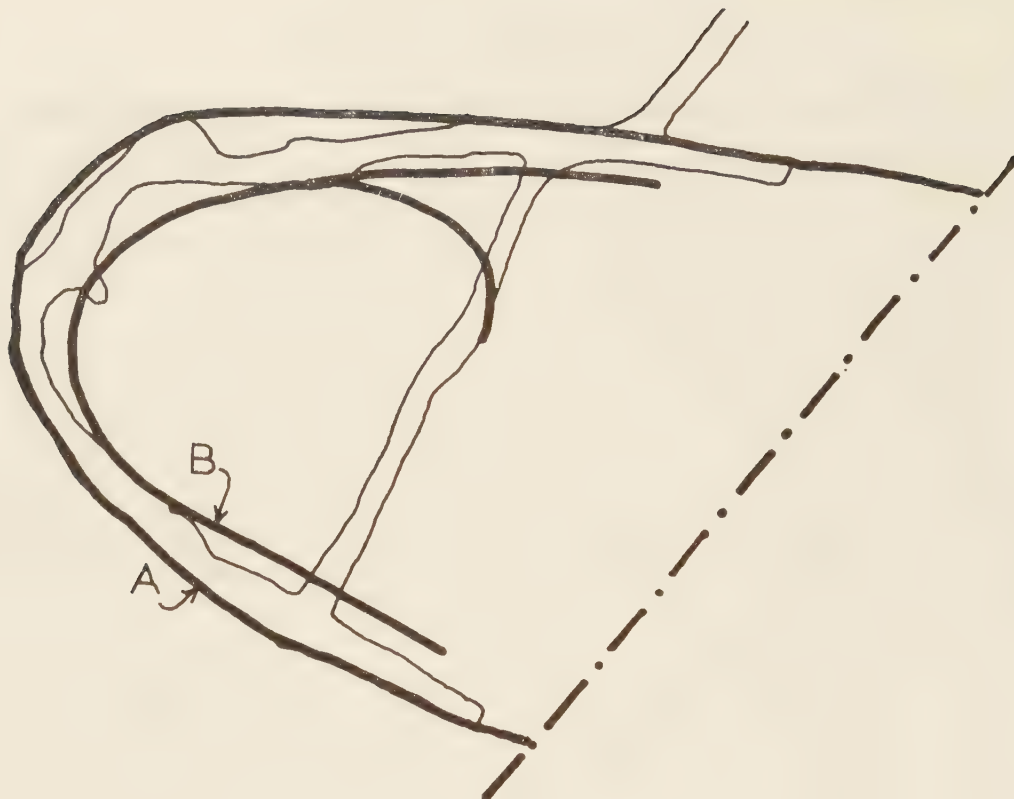


FIG. 65

Plan du treizième niveau compartiment Ouest.
A : gaine. — B : craquelures minéralisées.

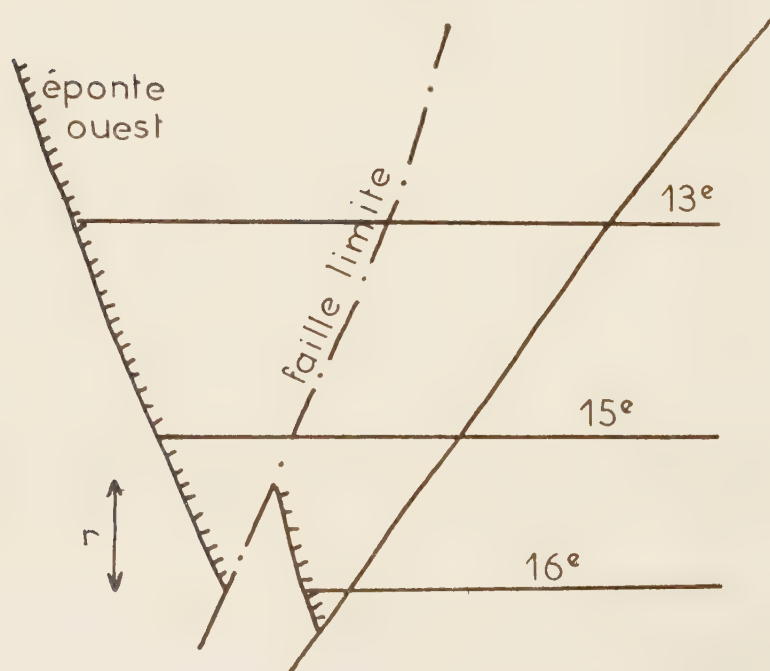


FIG. 66 a

Coupe verticale du compartiment Ouest
entre treizième et seizième niveaux faisant apparaître le rejet r.

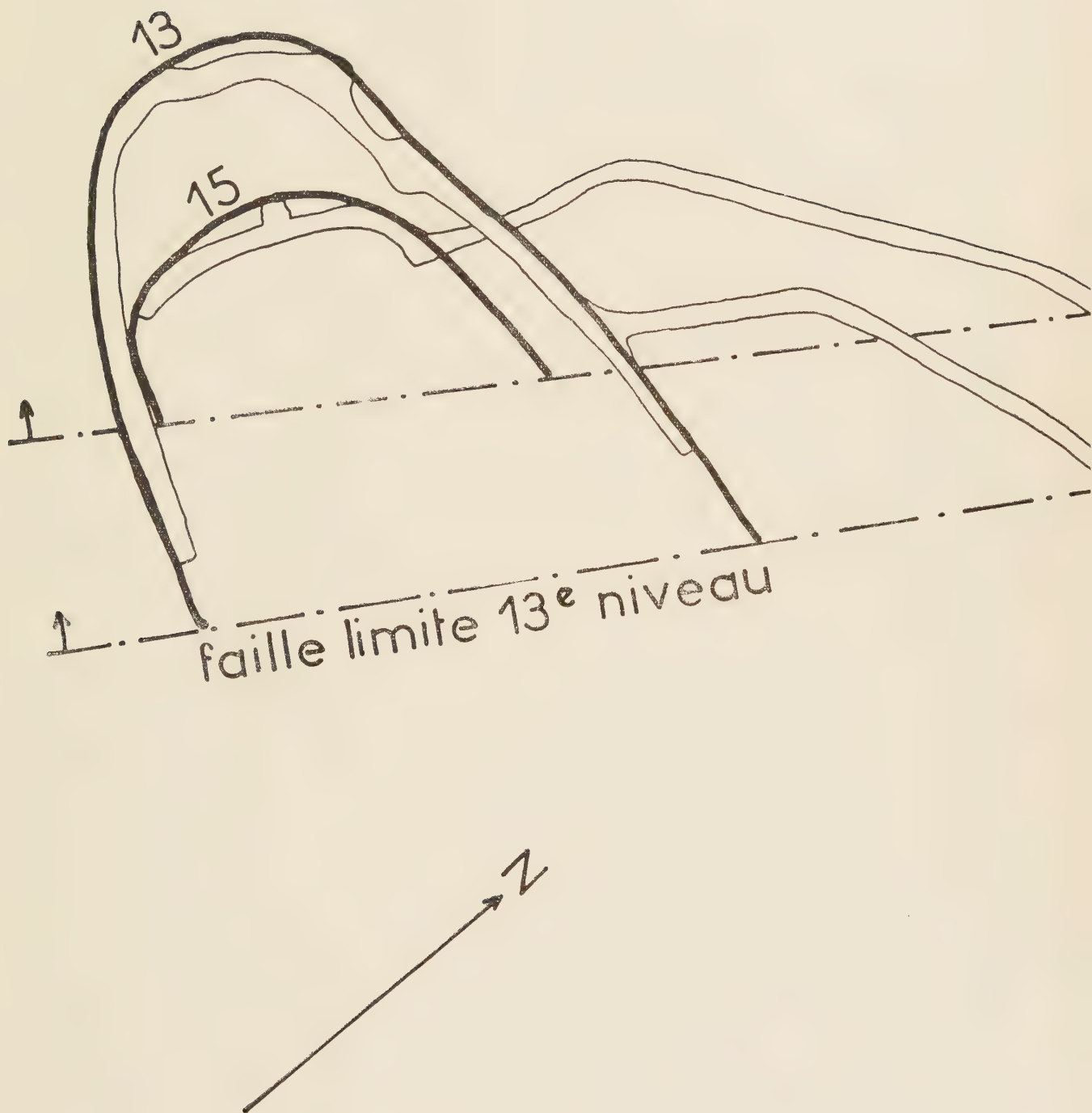
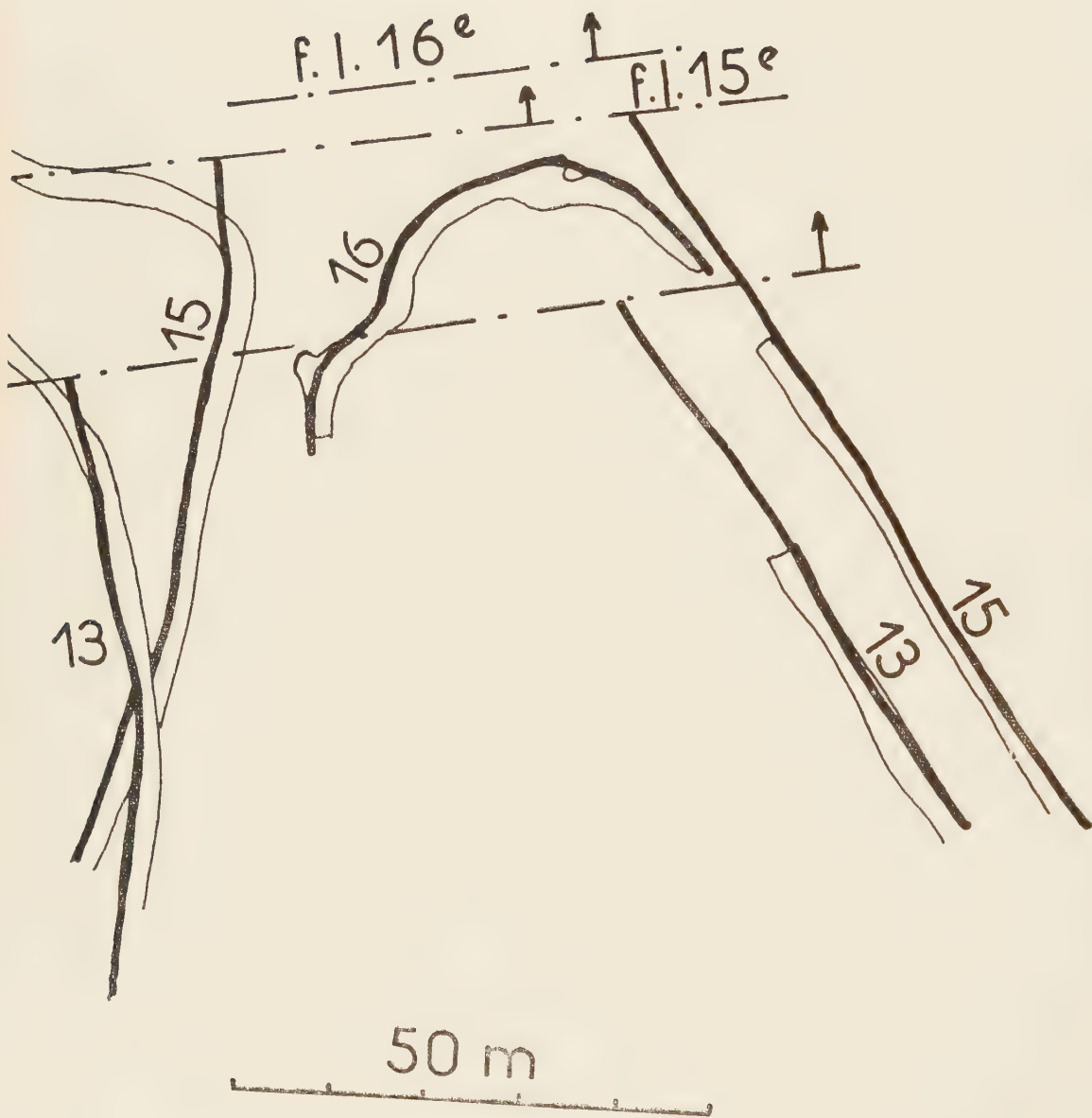


FIG. 66 b
Plan des seizième - quinzième - treizième niveaux montrant la dispo



sition des travaux de part et d'autre de la faille limite.

H) RESULTAT DU TROISIEME PROGRAMME DE TRAVAUX

A l'heure actuelle les travaux en profondeur ont atteint le seizième niveau (300 m). Un traçage de la gaine permet de situer dans le compartiment Est la gaine Ouest de la première pipe. On peut ainsi évaluer, comme le montre la figure 66, le rejet vertical de la faille limite qui est de 25 mètres et déterminer son glissement relatif qui est représenté par la figure 67.

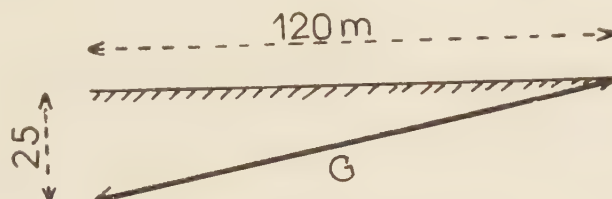


FIG. 67

Schéma indiquant le glissement dans le plan de la faille limite.

La pointe Ouest de la première pipe, contrairement à ce qu'on pourrait attendre, n'est que faiblement minéralisée. Une explication peut être proposée, visible sur la figure 68 :

— il est possible que la pointe des gneiss comprise entre les deux pipes n'ait pas résisté à l'effondrement et que la minéralisation se soit concentrée dans les cassures de l'éponte du type de la cassure b. Un petit travers-banc vérifierait cette hypothèse.



FIG. 68

Schéma montrant l'emplacement possible de craquelures d'effondrement en dehors des pipes.

Remarque. — Les travaux d'exploitation ont découvert, entre le treizième et le dixième niveaux, dans la zone Ouest, un filon de minette d'une puissance de un à trois mètres, orienté Nord 10° Est et de pendage 70° Ouest. Ce filon recoupe nettement toute la pipe.

CHAPITRE III

LES FILONS DE PUY-LES-VIGNES

A) DESCRIPTION DU SYSTEME FILONIEN (Fig 69)

La pipe de Puy-les-Vignes est recoupée par un système filonien composé de quatre filons qui sont de l'Est à l'Ouest :

- le filon 1 ;
- le filon 2 distant du précédent de 35 mètres ;
- le filon 3 distant du précédent de 65 mètres ;
- le filon A distant du précédent de 60 mètres.

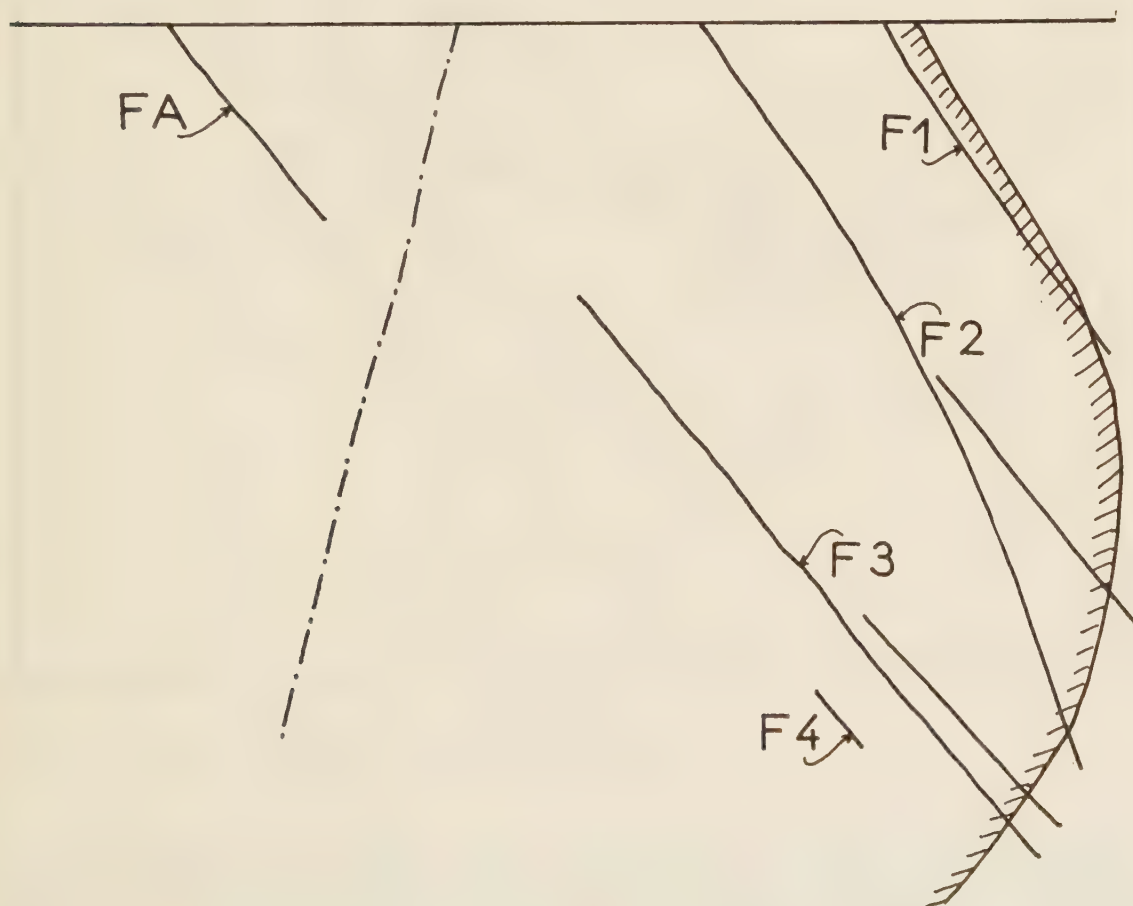


FIG. 69

Coupe verticale selon le grand axe de la pipe indiquant le réseau filonien.

On peut ajouter un filonnet de galène rencontré à la base du compartiment Est et un filonnet de blende rencontré au quinzième niveau dans le compartiment Ouest.

Ces filons ont un pendage Est d'environ 50° . Leur orientation présente une particularité curieuse. A l'Ouest de la pipe, ils sont orientés Nord 50° Est et, à l'Est de la pipe, ils sont orientés Nord 30° Est (fig. 70).

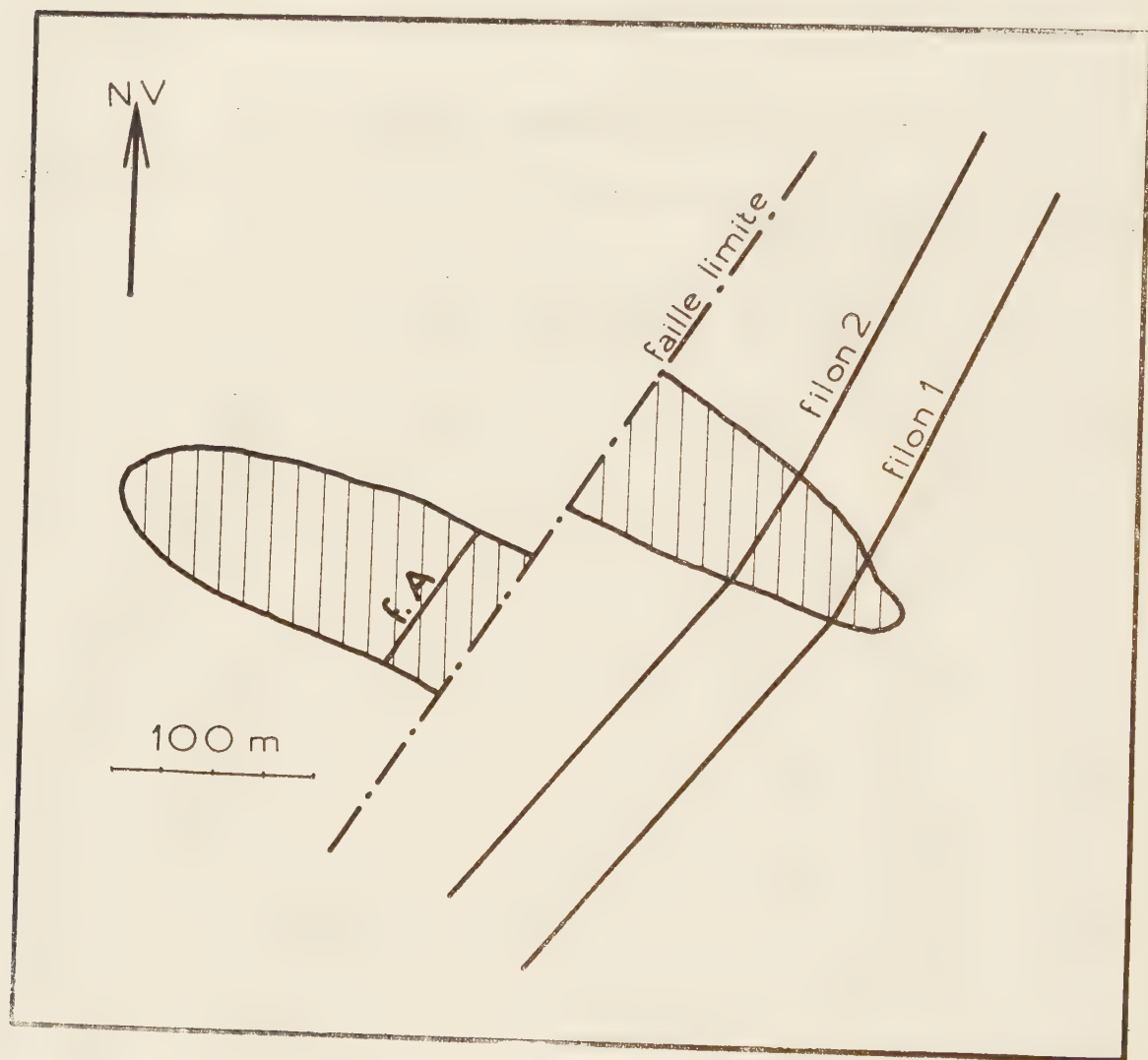


FIG. 70

Plan montrant l'affleurement des filons en surface.

On aurait pu s'attendre à ce que cette différence d'orientation des filons soit locale, mais les tracés qui les ont suivis ont montré qu'ils se poursuivent sans dévier de ces deux directions rectilignes et sans se rapprocher d'une direction moyenne à laquelle la pipe eût imposé un méandre.

Le filon 1 affleure en surface. Il recoupe l'extrémité Est de la pipe et la quitte au septième niveau (82 mètres). Aux abords de la pipe, il est fortement dévié, au point qu'auparavant la branche Ouest était appelée filon 1 et la branche Est filon 140. Cette déviation que la figure 71 représente au cinquième niveau fut interprétée comme un rejet et fit appeler les gaines de la pipe alors considérées comme des filons : croiseur 1 et croiseur 2. En fait, le filon se traîne soit en bordure, soit dans la pipe où il a été retrouvé.



FIG. 71

Plan du sixième niveau montrant comment la pipe dévie le filon 1 et ne dévie pas le filon 2.

Le filon 2 affleure et quitte la pipe vers le onzième niveau, après s'être divisé en deux branches (fig. 69).

Le filon 3 n'affleure pas, il prend naissance au huitième niveau et quitte la pipe au treizième niveau.

Le filon A est peu connu et est, jusqu'à présent, considéré comme inexploitable.

Tous ces filons ont leur maximum de puissance dans la traversée de la pipe. Ils varient là de 0,20 m à 1 mètre. Ils se conduisent comme de vraies cassures en terrains solides et ne sont absolument pas troublés par les blocs de brèche qu'ils recoupent nettement. A l'intérieur de la pipe, leurs épontes ne sont pas marquées par une salbande ou une cassure, leur quartz est soudé au quartz cimentant la brèche.

En s'éloignant de la pipe, les filons diminuent de puissance, lentement pour le filon 1, rapidement pour le filon 2 et le filon 3. Ils se terminent soit par un amenuisement progressif, soit par un éparpillement.

B) ETUDE MINÉRALOGIQUE

a) RÉPARTITION DES ESPÈCES MINÉRALES.

Les espèces minérales essentielles se répartissent dans les filons de la façon suivante :

Filon 1 : Les gneiss de l'éponte sont peu tourmalinisés. A l'intérieur du filon, l'éponte est marquée par de la muscovite. La wolframite se présente en lamelles de 1 à 3 cm. La pyrite est plus abondante que le mispickel. La sidérose est peu abondante.

Filon 2 : Les gneiss de l'éponte sont encore moins tourmalinisés que dans le cas du filon précédent. La wolframite se présente en lamelles de 5 à 8 cm. La pyrite et le mispickel se trouvent en quantités équivalentes. Le bismuth est abondant. La sidérose est plus rare que dans le filon précédent.

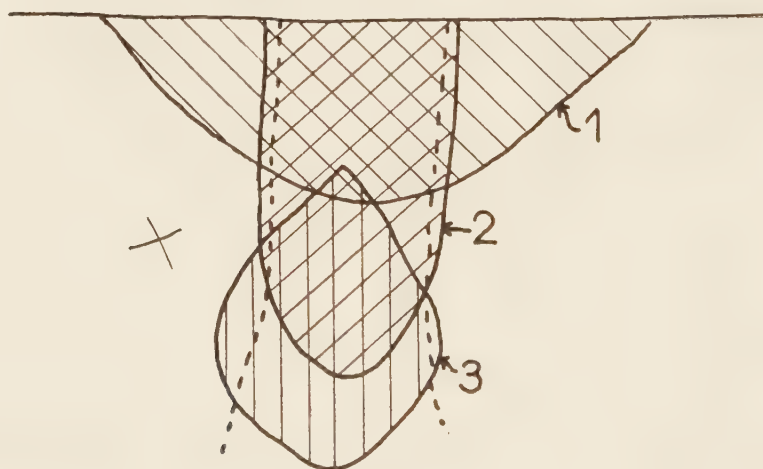


FIG. 72

Projection sur un plan vertical des surfaces minéralisées des différents filons.

Filon 3 : Les gneiss de l'éponte sont peu tourmalinisés. Le wolfram se présente en lamelles et en mouches. Le mispickel y est très abondant ainsi que, relativement aux autres parties du gisement, la chalcopryrite.

Filon A : Ce filon est riche en mispickel.

Filon de galène : Ce filon de quartz clair contient de la galène, de la blende et un peu de chalcopryrite.

Filon de blende : Ce filon, qui montre un peu de pyrite à l'éponte, est composé de blende mielleuse massive.

b) RÉPARTITION DE LA MINÉRALISATION EN WOLFRAMITE.

La figure 72 montre les surfaces minéralisées respectives de chaque filon. On peut y remarquer que la répartition de la minéralisation est intimement liée à la présence de la pipe. Elle est d'autant plus importante et s'étend d'autant plus en dehors de la pipe que le filon occupe une position supérieure. Ici encore apparaît l'image d'un pouvoir ascensionnel de la minéralisation affectant les structures supérieures.

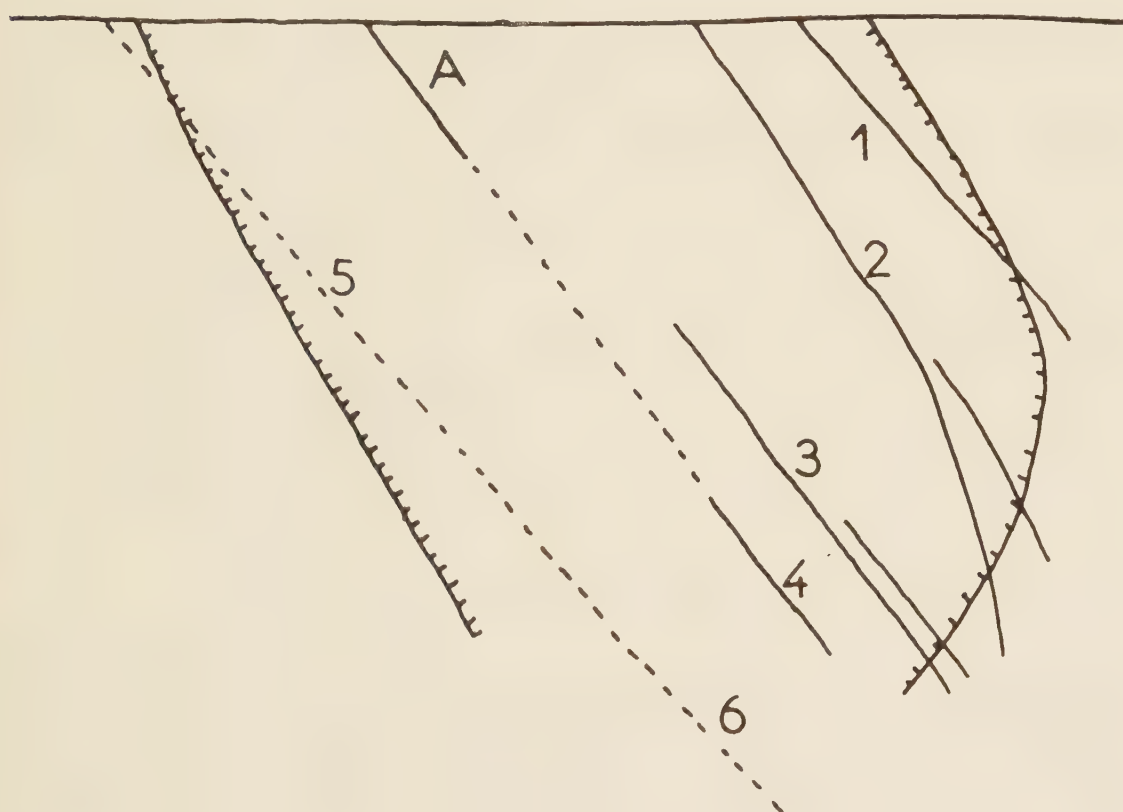


FIG. 73

Coupe verticale montrant le raccordement des filons A et 4 et supposant l'existence des filons 5 et 6.

Cette notion a laissé supposer qu'un filon supérieur au filon 1 et situé à quelque distance de la pipe pourrait, s'il existait, être exploitable. Des travaux effectués dans ce sens ont bien découvert un filon bien minéralisé, mais sa puissance faible (0,10 m) le rend inexploitable.

C) POSSIBILITES D'EXISTENCE D'AUTRES FILONS EXPLOITABLES

Un filonnet très discret, rencontré en profondeur et appelé filon 4, a pu être identifié comme étant le pied du filon A, après connaissance du rejet de faille limite (fig. 73). On voit sur cette figure que les possibilités de rencontrer des filons minéralisés sont minces. Un filon 5 hypothétique aurait été rencontré par son pied par les travaux actuels. Un filon 6, également hypothétique, aurait été rencontré par sa tête.

CHAPITRE IV

LES POINTS MINÉRALISÉS DE LA CONCESSION DE PUY-LES-VIGNES

Une prospection minutieuse, effectuée en 1952 et 1953, a permis de réaliser le programme de recherche suivant :

1° Des tranchées de recherche furent effectuées sur des zones présentant en surface des indices minéralisés :

- a) zone du Lifarnet ;
- b) zone des Caillaudoux ;
- c) zone des Moulards ;
- d) zone des Clauds ;
- e) zone d'Elivaud.

2° Des petits puits furent creusés dans les thalwegs proches des zones minéralisées :

- a) thalwegs de Puy-les-Vignes ;
- b) thalwegs des Caillaudoux ;
- c) thalwegs des Clauds ;
- d) thalwegs du Moulard.

A) RESULTATS DES TRAVAUX (Fig. 30)

1° Zone du Lifarnet.

Cette zone est située à 850 mètres à l'Est de Puy-les-Vignes. Les tranchées ont révélé l'existence d'un faisceau filonien correspondant au faisceau Est de Puy-les-Vignes, d'orientation Nord 30° Est et de pendage 50° Est. Sur une largeur de 500 mètres, une douzaine de filons furent mis à jour. Les plus importants furent suivis, mais en définitive, leur puissance moyenne et leur minéralisation ne permirent pas de les estimer exploitables.

2° Zone du Moulard.

Cette zone est située à trois kilomètres au Nord-Est de Puy-les-Vignes. Des tranchées ont mis à jour plusieurs filons de granulite et un filon de quartz minéralisé en wolframate qui emprunte parfois le cours de la granulite. Leur direction commune est Nord 65° Est. Ce filon de quartz, d'une puissance moyenne de 0.35 et d'une teneur qui doit approcher 1 % de $W O_3$ a été suivi sur 500 mètres.

3° Zone des Clauds.

Elle est située à 5 km au Nord-Est de Puy-les-Vignes. Un puits domestique creusé autrefois au village des Clauds recoupe à 12 mètres de profondeur, un filon de granulite et un filon de quartz de 0,70 m de puissance, minéralisé en wolframite. Une tranchée fut creusée à 225 mètres au Sud-Ouest du puits. Elle mit à jour trois filons de granulite. Le cours de cette granulite est emprunté par des filons quartzeux qui, de faible puissance dans la granulite latérale, sont plus importants dans la granulite du filon central. Une descenderie a permis de préciser que cette granulite centrale a une puissance moyenne de deux mètres ; les filonnets de quartz qui s'anastomosent à l'intérieur (fig. 74) ont une puissance moyenne en quartz de 0,45 m et une teneur de l'ordre de 0,6 % en $W O^3$.

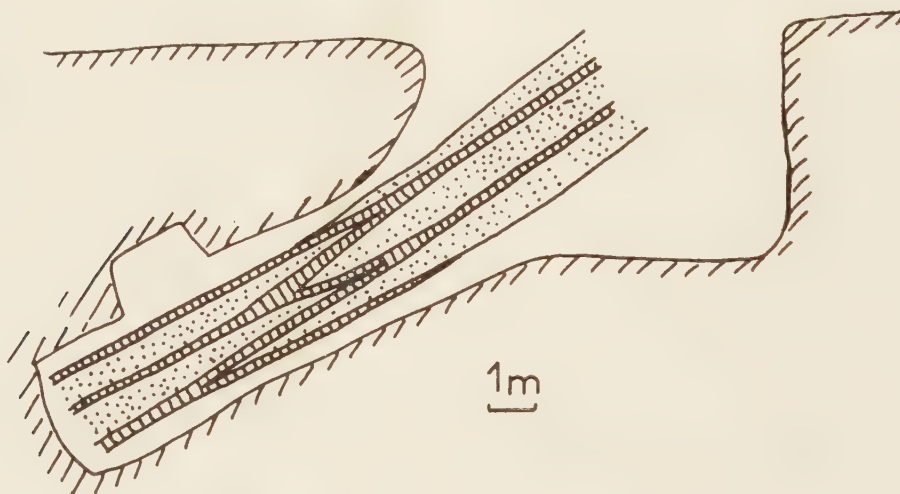


FIG. 74

Tranchée deux des Clauds montrant les anastomoses des filons de quartz dans la granulite.

4° Zone d'Etivaud.

Cette zone est située à 4 km à l'Est de Puy-les-Vignes. Les filons de granulite sont accompagnés dans cette zone de filons de quartz dont la puissance atteint un mètre mais qui, bien que légèrement minéralisés en wolframite, sont formés de quartz gris clair, translucide, parfois blanchâtre, qui n'a pas les caractères habituels du quartz à wolframite.

5° Zone des Caillaudoux.

Cette zone est située à 1,5 km au Nord-Est de Puy-les-Vignes. Une butte était là caractérisée par les quartz très abondants mais rarement minéralisés. Un examen attentif des quartz et l'étude d'un affleurement de talus de route ont montré qu'on se trouvait en présence d'un remplissage bréchique analogue en tous points à celui de Puy-les-Vignes. Le levé approximatif de cette pipe permet de supposer qu'elle est ovale, que son grand axe mesure 500 mètres, son petit axe 120 mètres et que son orientation est Nord 60° Ouest (fig. 75).

Deux passages quartzeux au bord de la route montrent de la wolframite. Dans les roulants du dôme on trouve quelques mouches de wolframite, le plus souvent disséminées en petits cristaux dans un quartz saccharoïde qui est le quartz de filonnets recoupant la brèche.

6° Recherche d'éluvions.

Un thalweg contournant la pipe de Puy-les-Vignes contenait une quantité importante d'éluvions et alluvions minéralisées que découvrirent de petits puits.

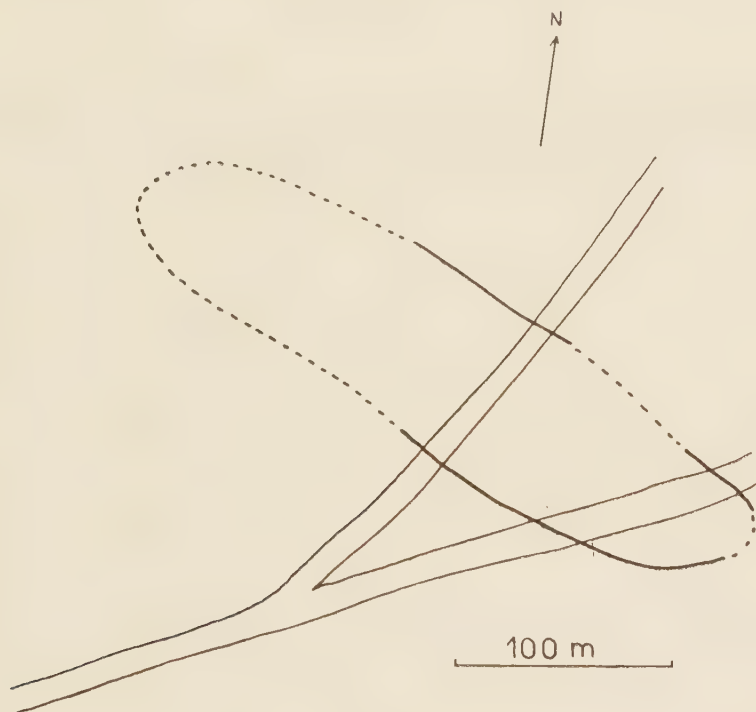


FIG. 75

Trace supposée, en surface, de la pipe des Caillaudoux.

B) CONCLUSIONS

Toute une zone de 2,5 km de large est hachée de fractures filoniennes orientées Nord 30° Est à Nord 60° Est. Ces filons sont soit des filons de granulite, soit des filons quartzeux. Les filons quartzeux recoupent les gneiss ou empruntent le cours des filons de granulite. Dans les gneiss ils sont toujours accompagnés d'une tourmalinisation plus ou moins marquée des gneiss encaissants. La puissance de ces filons quartzeux est variable. On a vu qu'ils deviennent puissants à la traversée de la pipe de Puy-les-Vignes et en certains autres points : Moulard, Claudi, Etivaud. Ailleurs, ils forment un réseau de filonnets toujours minéralisés en pyrite et souvent en wolframite. De ce fait toute la zone est semée d'indices minéralisés.

Cette bande minéralisée n'a été prospectée que dans la concession et ses abords immédiats. Une zone d'égale importance reste à prospecter jusqu'au batholite d'Auriat.

CHAPITRE V

CONCLUSIONS

A) RELATIONS ENTRE LES FAITS MINERALOGIQUES ET LES FAITS STRUCTURAUX DU GISEMENT

1° Les paragenèses.

Les paragenèses des différentes structures ont été établies, elles sont rappelées ici en se limitant aux minéraux essentiels.

Première pipe : wolframite peu abondante, pyrite, mispickel,

Deuxième pipe : wolframite, pyrite, scheelite, sidérose, apatite, adulaire,

Plateures : wolframite, pyrite, sidérose, orthose, mica blanc, reinite,

Filons 1, 2, 3, 4 : wolframite, mispickel, pyrite, bismuth, chalcopyrite,

Filons de galène et blende : galène, blende.

On peut remarquer que ces paragenèses se succèdent selon la séquence métallogénique normale, révélant ainsi une évolution dans la mise en place des différents minéraux.

2° Les structures.

L'évolution de la tectonique et la formation des différentes structures ont été élucidées. Dans l'ordre chronologique, la première pipe s'est formée, puis la seconde ; les filons ont, par la suite, recoupé les pipes.

3° Reconstitution de la formation du gisement.

En reliant les faits minéralogiques et les faits structuraux on peut faire évoluer de concert l'inscription dans les terrains de formes bréchiques ou filoniennes, et la mise en place dans ces formes des divers minéraux.

Dans un premier temps, la première pipe s'est formée et on trouve dans ses structures des minéraux du début de la séquence métallogénique normale.

Dans un second temps, la seconde pipe a envahi la première et les minéraux qu'elle renferme avancent plus loin dans la séquence.

Dans un troisième temps les filons ont recoupé les pipes et les minéraux qu'ils renferment dépassent encore les précédents.

Le filon de galène représente un dernier temps assez éloigné car sans reprendre les minéraux essentiels des structures précédentes, il ne contient que la galène, la blende et la pyrite qui se situent à l'extrémité de la séquence normale.

4° Précisions apportées par la connaissance des faits minéralogiques.

Jusqu'à présent ce sont les faits structuraux qui ont expliqué les variations de la répartition des minéraux dans le gisement. On va voir maintenant que deux remarques d'ordre minéralogique vont permettre de pousser dans le détail l'analyse des faits structuraux.

a) LA REINITE.

La reinite est une pseudomorphose de scheelite en wolframite. La wolframite étant placée avant la scheelite dans la séquence normale, on voit que cette transmutation est un retour en arrière. Pour concevoir sa réalisation il faut admettre deux temps : un premier temps de formation de la scheelite, puis un second temps correspondant à des conditions moins évoluées dans la séquence, où le calcium est remplacé par le fer.

L'étude du gisement a permis de localiser avec précision la reinite. Elle se trouve située dans les zones où les diaphragmes des plateures se raccordent à la gaine de la pipe.

Connaissant ces faits on peut reconstituer le phénomène dans son évolution :

— au cours d'une première époque la cassure de la gaine s'est formée. Les conditions physico-chimiques propres à la formation des divers minéraux se sont succédées et, à un temps donné, la scheelite s'est formée.

— au cours d'une seconde époque, la plateure s'est formée, et les conditions analogues, seulement un peu décalées dans la séquence, se sont à nouveau succédées. Dans la zone de raccordement qui appartient à la fois à la gaine et à la plateure, la scheelite, instable dans les conditions du début de la séquence, s'est transmutée en reinite. Par la suite, dans des conditions idoines, la plateure a formé sa propre scheelite qu'on trouve juxtaposée à la reinite.

Il se vérifie ainsi que la formation des plateures est bien postérieure à celle de la gaine comme l'indiquait d'ailleurs l'observation de WISSER.

b) LA SÉQUENCE MINÉRALOGIQUE DES FILONS.

La figure 76 montre la répartition qualitative et quantitative des minéraux dans les diverses structures du gisement. Cette répartition a d'abord été établie pour chaque structure. Les structures ont ensuite été juxtaposées dans leur ordre de formation. Mais, remarque essentielle, pour obtenir des courbes régulières pour chaque minéral, les filons ont dû être placés dans l'ordre : filon 1, filon 2, filon 3, filon 4, filon A, filon de galène.

Ainsi, alors que l'étude structurale groupait tous les filons, l'étude minéralogique leur assigne un ordre de formation. Cet ordre de formation coïncide d'ailleurs avec l'importance décroissante de l'extension et de la minéralisation des filons.

5° Conclusions d'ordre pratique.

a) Le fait que l'on ait trouvé de la reinite dans les étages supérieurs, à la pointe Est de la pipe, ajoute un argument à la probabilité de la présence de plateures dans cette zone.

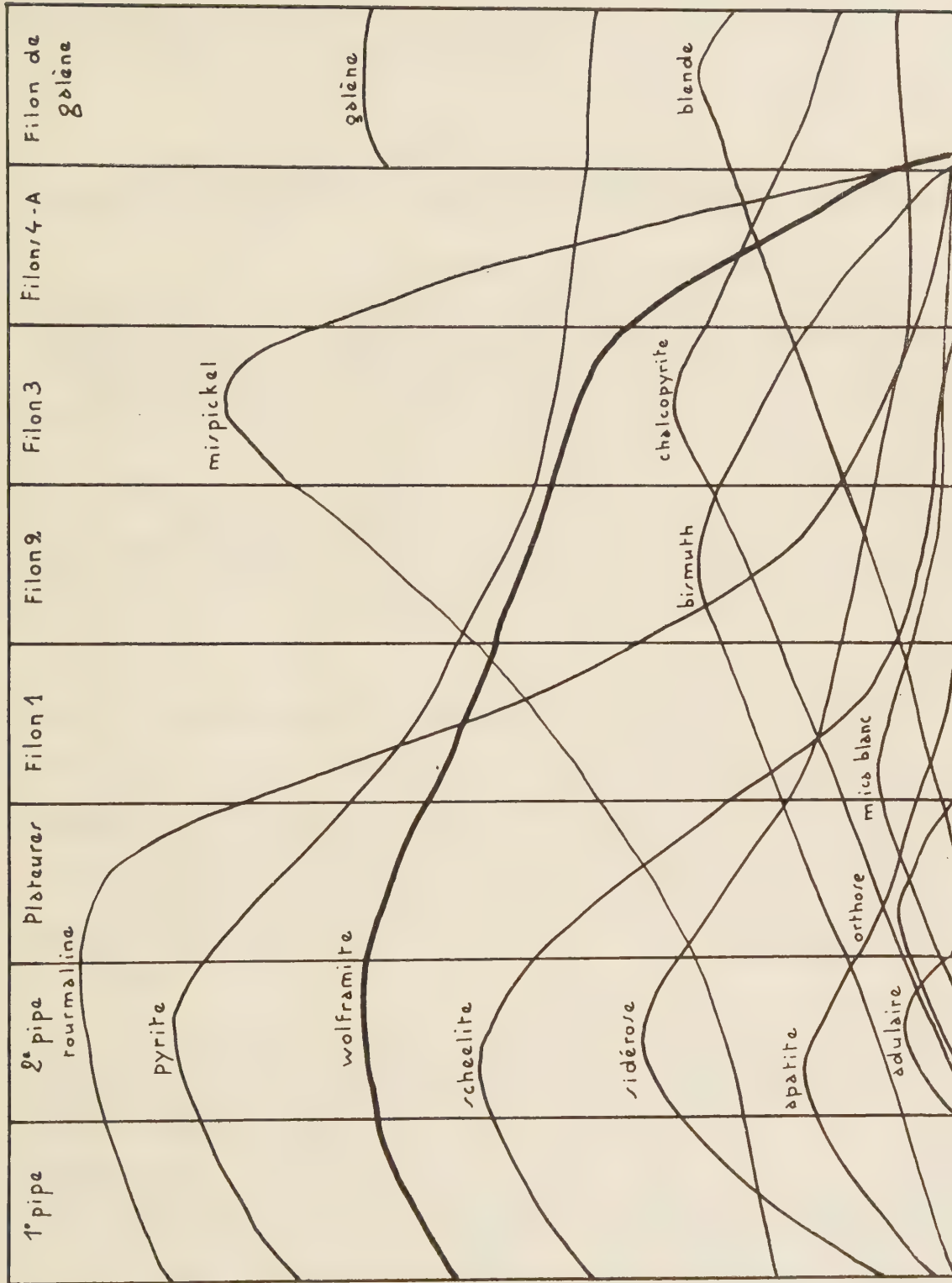


Fig. 76
Répartition des différents minéraux dans les structures successives du gisement.

b) Les décroissances cumulées d'extension, de puissance et de minéralisation des filons vers l'Ouest, jointes au fait que la minéralisation se déplace vers la zone peu intéressante de la séquence, ajoute à l'improbabilité de rencontrer en profondeur une zone filonienne exploitable.

B) RELATIONS ENTRE LES FAITS PETROGRAPHIQUES ET STRUCTURAUX REGIONAUX ET LES FAITS STRUCTURAUX DU GISEMENT

1° Les faits pétrographiques et structuraux régionaux.

La région de Puy-les-Vignes est marquée par l'intersection de deux anticlinaux. Le premier, l'anticlinal d'Aigueperse, est orienté au Nord, le second, l'anticlinal d'Aureil, appartient à une ligne anticlinale postérieure qui s'allonge de Rilhac à Bourganeuf. Le gisement est situé sur le flanc Est du premier et sur le flanc Sud-Est du second.

L'étude qui précède a permis de relever les relations chronologiques suivantes entre la mise en place des différentes fracturations :

- la pipe recoupe les filons de granulite,
- la pipe recoupe un premier filon de minette, mais se trouve à son tour recoupée par un second filon de minette pétrographiquement semblable au précédent.
- les filons de quartz minéralisés recoupent la pipe, et au delà empruntent souvent le cours des filons de granulite.
- les filons de microgranite recoupent ceux de granulite.

2° Chronologie des faits structuraux régionaux.

Basé sur ces faits, un ordre chronologique des différentes fracturations en relation avec les deux anticlinaux peut être établi :

- formation de filons à granulite dont l'orientation et le pendage correspondent au flanc Sud-Est de l'anticlinal d'Aureil,
- formation de filons de minette dont l'orientation est intermédiaire entre celles des deux anticlinaux. Pendant cette période se sont formées les pipes,
- formation des filons minéralisés dont l'orientation et le pendage correspondent au flanc Sud-Est de l'anticlinal d'Aureil,
- formation de filons de microgranite dont l'orientation correspond au flanc Sud-Est de l'anticlinal d'Aureil.

3° Reconstitution dynamique de la formation du gisement.

On peut alors reconstituer de la façon suivante la formation du gisement.

Au cours d'une première époque, en relation avec l'anticlinal d'Aureil, et concordant avec le flanc Sud-Est de cet anticlinal, un faisceau de filons de granulite se met en place.

Au cours d'une seconde époque, dans une direction intermédiaire entre l'anticlinal d'Aigueperse et l'anticlinal d'Aureil, un faisceau de filons de minette se met en place. Ces filons recoupent la granulite. A une intersection, au lieu dit Puy-les-Vignes, on peut distinguer plusieurs temps :

- au cours d'une premier temps, un premier filon de minette se forme ;

- au cours d'un second temps, une pipe de brèche progresse le long de l'intersection minette granulite : cette brèche renferme dans son quartz des minéraux qui se situent au début de la séquence métallogénique ;
- au cours d'un troisième temps, une seconde pipe, dont l'origine est inférieure à la première, progresse également et envahit la première pipe. Elle contient des minéraux qui reprennent la paragenèse de la première, mais poursuit la séquence métallogénique ;
- au cours d'un quatrième temps, un second filon de minette se forme qui recoupe les deux pipes.

Au cours d'une troisième période, se forme un faisceau de filons quartzeux en relation avec le flanc Sud-Est de l'anticlinal d'Aureil. Ce faisceau est intimement lié aux filons de granulite, mais se localise dans les zones d'intersection de la minette et de la granulite. La paragenèse minérale de ces filons reprend une partie de la paragenèse des pipes, mais se prolonge beaucoup plus dans la séquence métallogénique normale.

Au cours d'une quatrième période, se forment des filons de microgranite concordant avec le flanc Sud-Est de l'anticlinal d'Aureil.

4° Remarque.

Un fait important, qui doit être ici souligné, est *la liaison des zones à wolframite avec les zones à minette*. On sait, en effet, qu'à 20 km au Nord-Ouest, les gisements d'uranium de la Crouzille sont en liaison avec des minettes qui paraissent appartenir au même système.

C) PROBLEME DE L'EXTENSION DES ZONES MINERALISEES

La zone minéralisée, large de 2,5 km, s'allonge en direction du Nord-Est, selon le flanc Sud de l'anticlinal d'Aureil, jusqu'au flanc Ouest du batholite d'Auriat. Cette bande a été prospectée sur une longueur de 3,5 km. Il reste à prospecter jusqu'au batholite d'Auriat une longueur équivalente.

Les données, accumulées jusqu'à présent, permettent d'émettre, sur la zone minéralisée connue, l'opinion suivante. Deux types de gîte ont été rencontrés : des filons et des pipes.

1° Les filons.

Les filons, jusqu'à présent, ne forment pas de gisement important. Le filon des Moulards, comme celui des Clauds, est isolé, et n'offrirait pas un tonnage important par mètre de puits. Le seul faisceau exploitable est celui de Puy-les-Vignes, mais il est indissociable de la pipe puisqu'il n'est minéralisé qu'à son contact.

2° Les pipes.

Jusqu'à une date très récente, la pipe de Puy-les-Vignes constituait un phénomène isolé. D'avoir reconnu qu'en réalité le gisement était constitué par deux pipes distinctes, et surtout d'avoir découvert une troisième pipe à une distance de 1 500 mètres des premières, éclaire d'un jour nouveau le problème de la minéralisation de cette région.

Il se peut, en effet, que la phase la plus importante de mise en place de la wolframite ait coïncidé avec le temps de formation des pipes et non avec celui de formation des filons.

Dans ce cas, les pipes seraient nombreuses et minéralisées.

Trois arguments peuvent étayer cette thèse :

- le premier est la présence des trois pipes connues ;
- le second est la présence en surface et sans rapport avec la topographie, de zones nettement délimitées à quartz très abondants qu'on peut considérer comme des témoins de pipes érodées ;
- un troisième est le nombre assez élevé de pipes qui composent certains gisements (125 à Arizona).

Si cette hypothèse était admise, deux cas pourraient se présenter :

a) Les pipes ne sont minéralisées que sur une certaine partie de leur hauteur. Dans ce cas, il faudrait rechercher non seulement les pipes, mais leurs zones minéralisées.

b) La présente étude a mis en évidence un certain pouvoir ascensionnel de la minéralisation qui s'est traduite par une aptitude à se loger dans les structures de tête. On peut admettre, dans ces cas, que, seuls, les sommets des pipes sont minéralisés et que les seules pipes intéressantes sont celles qui sont très peu érodées ou celles relativement proches de la surface et non encore atteintes par l'érosion.

Pour la recherche de ces structures profondes, une étude géologique de surface, qui consisterait, par exemple, à localiser les filons de minette, ne peut donner de résultats dans ces terrains couverts. Une étude géochimique décelant le wolfram est vouée à l'échec, toute la zone minéralisée étant sillonnée de filonnets wolframifères sans valeur industrielle. Seule, à son avis, une prospection géophysique pourrait donner des indications précises et permettre l'établissement d'un programme de sondage à une profondeur d'une centaine de mètres.

TROISIÈME PARTIE

LE GISEMENT DE MONTBELLEUX
(Ille-et-Vilaine)

INTRODUCTION

On peut lire, dans « La notice historique et statistique sur la baronnie, la ville et l'arrondissement de Fougères » de BERTIN et MAUPILLÉ, publiée à Rennes en 1846 : « Parmi les minéraux de la région... on trouve en petite quantité le wolfram dans le quartz, dans le bois de Montbelleux... ».

En 1903, F. KERFORNE, en explorant la butte de Montbelleux, découvrait le gisement ; ou plutôt le redécouvrait, car, aux environs du point culminant, quelques fosses entourées de quartz concassé minéralisé en cassitérite et wolframite, témoignaient d'une très ancienne exploitation d'étain [KERFORNE, 1903].

En 1907, des travaux de recherche ayant démontré l'existence d'un gisement de wolframite, une concession, dite de Montbelleux, fut instituée.

Ce gisement fut exploité de façon intermittente de 1907 à 1918 puis de 1942 à 1944 par les Allemands qui l'avaient réquisitionné.

A la fin de la guerre les travaux miniers furent noyés, les installations superficielles détruites.

Malgré l'absence quasi complète de documentation, la Société des Mines de Puy-les-Vignes, en 1951, décida de dénoyer les travaux et d'étudier le gisement en vue d'une reprise éventuelle.

Cette étude a été menée sur trois plans différents pour répondre aux trois questions que posait l'exploitant éventuel : que réserve la mine, que réserve la concession, que réserve la région.

On trouvera donc ici :

— une étude du gisement évaluant, d'une part, ses possibilités d'extension et analysant, d'autre part, de façon détaillée, toutes ses particularités en vue d'une remise rapide en activité ;

— une étude locale évaluant les possibilités de la concession ;

— une étude régionale servant de cadre géologique et structural et traçant les grandes lignes d'une campagne de recherche à grande échelle.

CHAPITRE I

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE LA SURFACE

I. — *Géologie générale*

Le Massif Armoricain est un ancien massif montagneux maintenant arasé. Les sédiments plus récents du Bassin Parisien et du Poitou, en l'entourant, isolent, à la pointe Ouest de la France, un réduit qui s'enfonce en coin dans l'Océan Atlantique.

La carte géologique, en juxtaposant les taches régulières des sédiments récents et les



FIG. 77

Schéma montrant les trois axes synclinaux bretons.

lignes tourmentées des terrains bretons suggère bien l'intensité des luttes qui bouleversèrent le Massif Armoricain. Ces luttes opposèrent deux tectoniques dont les efforts se sont imprimés selon deux directions : la direction du Léon orientée au Nord-Est et la

direction de la Cornouaille orientée au Nord-Ouest. Les trois grands synclinaux actuels dont l'ossature supporte tous les faits géologiques bretons marquent les positions dans lesquelles se sont figés les derniers affrontements de ces tectoniques [BARROIS 1930], [PRUVOST 1949]. La figure 77 montre ces trois synclinaux :

— au Sud, le synclinal de Quimper Ancenis qui se soumet à la direction de la Cornouaille ;

— au Centre, le synclinal de Châteaulin-Laval qui, après avoir suivi la direction du Léon, s'engage vers l'Est dans la direction de la Cornouaille ;

— au Nord, le synclinal de Morlaix qui, après avoir épousé nettement la direction du Léon jusqu'au Cotentin, se recourbe et se rallie en Normandie à la direction de la Cornouaille.

Serrés à la pointe de la Bretagne, ces trois synclinaux s'épanouissent vers l'Est en se ramifiant. Mais, dans la partie Est, si les lignes principales s'incurvent nettement dans la direction de la Cornouaille, les branches secondaires, imbriquées les unes dans les autres, compliquent le schéma de leur choix indécis.

Le gisement de Montbelleux, auquel va être consacrée cette étude, se situe à l'Est du Massif Armoricaïn, au Nord du synclinal de Laval, dans cette zone imprécise qui sépare celui-ci d'un synclinal satellite du synclinal de Morlaix : le synclinal de Domfront.

II. — *Géologie régionale*

Dans cette région (fig. 78), le soubassement est formé par les schistes briovériens qui se situent à la base du Cambrien. Ces schistes ont été redressés à la verticale par les mouvements cadomiens, mais, dès la transgression arénigienne, au début du Silurien, les sédiments se sont accumulés [PRUVOST 1949].

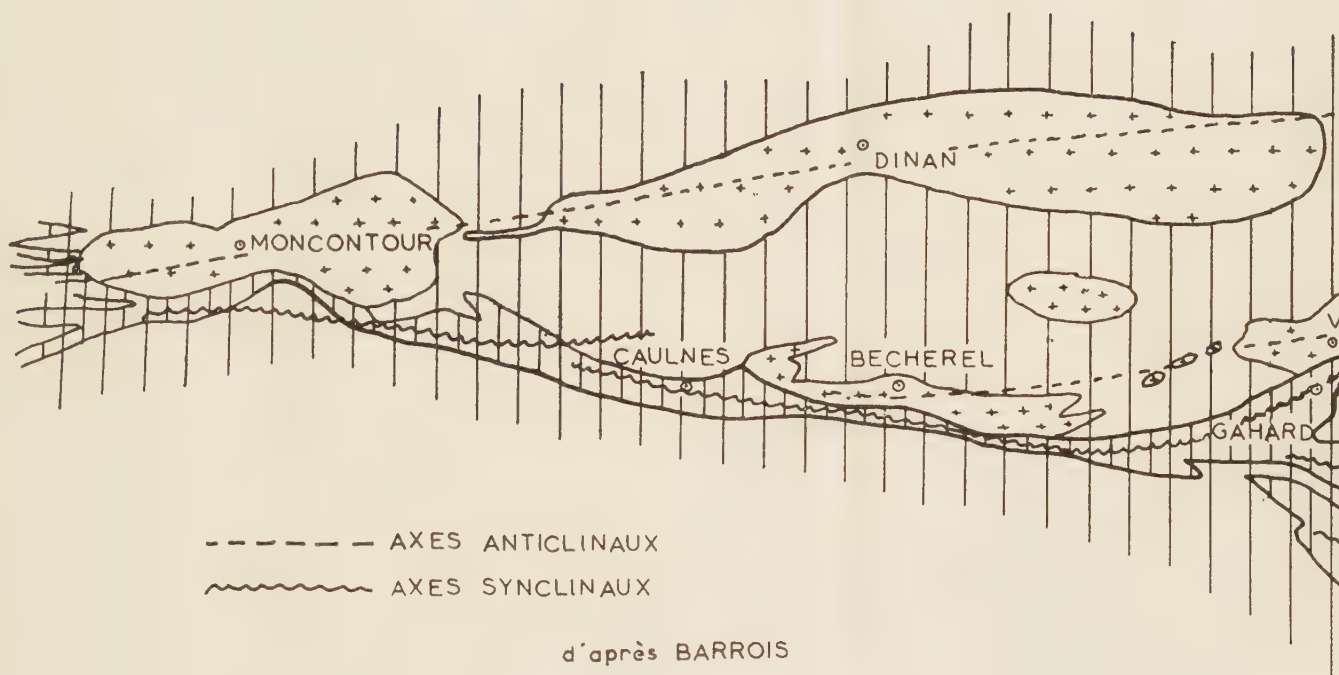
À la fin du Dévonien, puis au Carbonifère, une granitisation profonde coïncida en surface avec une tectonique de plissements : les sédiments furent pincés dans des synclinaux puis la montée des granites creva les anticlinaux.

Le plan d'érosion actuel offre une coupe horizontale qui montre les sédiments primaires pincés dans les synclinaux et, perçant les schistes briovériens, les noyaux granitiques allongés dans les anticlinaux.

Ce schéma, qui rend compte d'une façon simple de la formation des synclinaux sédimentaires et des anticlinaux granitiques, se complique, dans la région Est, d'un phénomène qui me semble être le suivant. Au départ, la direction dominante fut la direction de la Cornouaille, mais peu à peu la direction du Léon la supplanta et devint prépondérante. Aussi voit-on les synclinaux principaux prendre la direction de la Cornouaille puis les synclinaux secondaires branchés sur les synclinaux principaux adopter peu à peu la direction du Léon. Avec un certain retard sur les synclinaux principaux, on voit les anticlinaux granitiques s'allonger entre les synclinaux secondaires et atteindre la direction du Léon.

Ce nouveau schéma permet de proposer de la carte géologique de cette région l'exégèse structurale suivante :

Le grand synclinal de Châteaulin-Laval qui, à l'Ouest de la Bretagne, a pris la direction du Léon, adopte au Centre une direction intermédiaire, puis, à l'Est, la direction de la Cornouaille. Evasé dans sa partie Ouest, très pincé dans sa partie centrale, il se



----- AXES ANTICLINAUX

~~~~~ AXES SYNCLINAUX

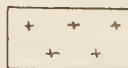
d'après BARROIS

50 km



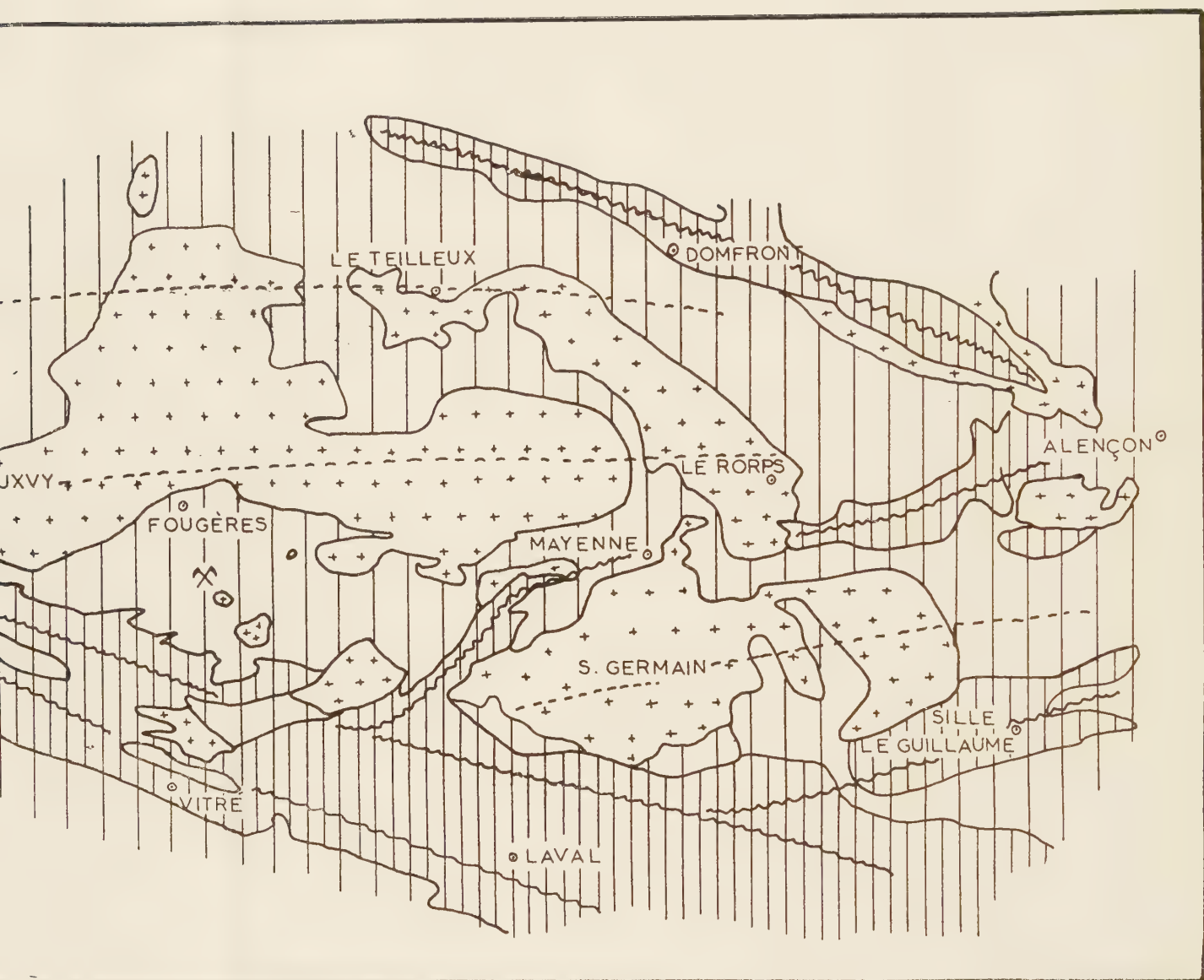
SCHISTES BRIOVERIENS

SILURO-DEVONIEN



GRANITE

Carte géologique de la ré



dédouble dans sa partie Est, et s'évase avant de disparaître sous les sédiments du Bassin Parisien. Le synclinal de Domfront, qui est parallèle au synclinal de Laval et distant de lui de 55 km au Nord, prend également la direction de la Cornouaille.

Deux synclinaux secondaires, orientés dans la direction du Léon, partent du synclinal de Laval à la rencontre du synclinal de Domfront. Ce sont le synclinal de Sillé le Guillaume et le synclinal de Mayenne-Alençon.

De nombreuses amorces de synclinaux secondaires, orientés dans la direction du Léon, apparaissent sur la bordure Nord du synclinal de Châteaulin-Laval et représentent peut-être les fonds de synclinaux supérieurs eulévés par l'érosion. Ce sont les digitations de Caulnes et de Gabard.

Les batholites granitiques importants s'inscrivent dans les anticlinaux limités par les synclinaux. Ils devaient, dans les zones supérieures érodées, se délimiter avec plus de précision. L'érosion, en détruisant les synclinaux, expose actuellement des zones où l'approche du socle granitique et la coalescence des batholites oblitérent déjà l'ordonnance régulière des plis. On rencontre de l'Ouest à l'Est :

- l'alignement Moncontour - Dinan - le Theilleux ;
- l'alignement Bécherel - Vieuxvy - le Horps ;
- l'alignement de Saint-Germain - le Guillaume.

### III. — *Le cadre géologique du Gisement de Montbelleux*

Si l'on rétrécit maintenant le champ d'observation jusqu'à le limiter au Nord par le batholite de Fougères, à l'Est par le batholite de Saint-Germain, au Sud par le synclinal de Laval, on a sous les yeux le cadre géologique du secteur minéralisé de Montbelleux (fig. 79) [feuille de Laval]. L'étude que j'ai effectuée de cette zone me semble montrer que le rythme des synclinaux et des anticlinaux déjà décelé à l'échelle régionale, se retrouve ici dans le détail (fig. 79, hypothèse a).

L'ordonnance des plis a cependant été perturbée par des fracturations. On relève un système de failles important orienté Nord 40 à 80° Est, et un système moins important orienté Nord 45° Ouest. Les failles Nord-Est se sont produites aux points de moindre résistance du synclinal de Laval, c'est-à-dire surtout au branchement des synclinaux secondaires. Ces failles ne sont pas décelables dans les schistes briovériens, mais le grès armoricain, qui gaine les synclinaux et qui est dur et en relief, a gardé l'empreinte nette de toutes les vicissitudes tectoniques et en permet le relevé et l'extrapolation.

Un système de fractures orienté Nord 20 à 50° Est a été cicatrisé par du quartz et forme de gros filons. Très nets dans les schistes, ces filons s'éparpillent dans les grès armoricains et le lardent à leur intersection d'une multitude de filonnets quartzeux.

L'alternance des plis peut être, de l'Est à l'Ouest, indiquée de la façon suivante :

- à l'Ouest du batholite de Saint-Germain, le synclinal de Chailland qui amorce le synclinal Mayenne-Alençon ;
- l'anticlinal de Saint-Hilaire ;
- le synclinal de Juvigné, plaqué contre l'anticlinal précédent par la faille de la Croixille ;
- l'anticlinal de la Beugerie, marqué par le golfe de Montautour, le batholite de la Beugerie et le lobe de Marolle-Château qui se rattache au batholite de Fougères ;



puis, plus loin :

— l'anticlinal de la forêt de Haute-Sève, dont le batholite s'est fondu avec celui de l'anticlinal de Bécherel-Vieuxvy, effaçant le synclinal de Gahard dont le moignon seul subsiste dans le granite.

Entre l'anticlinal de la Beugerie et celui de Haute-Sève s'étend une zone de schistes briovériens, moins nette. C'est dans cette zone que se trouve le gisement de Montbelleux, et c'est en tant que telle qu'elle va faire maintenant l'objet d'une étude détaillée.

#### IV. — *Etude géologique locale*

La zone étudiée s'étend de Saint-Georges-de-Chesné à l'Ouest jusqu'à la limite Est du batholite de la Beugerie à l'Est ; de Châtillon-en-Vendelais au Sud jusqu'à Fougères au Nord. Elle couvre ainsi une surface d'environ 200 km<sup>2</sup> dont le gisement de Montbelleux est approximativement le centre (fig. 80).

Adossée à la barre des grès armoricains qui dressent dans le paysage leur arête boisée, toute cette zone comprend principalement des schistes briovériens monotones, couverts de champs, de pâtures et de landes. Quelques croupes boisées indiquent la présence de pointements éruptifs souvent éventrés par d'anciennes carrières.

Dans ce terrain très couvert, les affleurements sont rares. Seule l'étude statistique des cailloux a permis une étude approchée. En leur absence, tant pour les schistes que pour les contours des roches éruptives, une étude à la battée des terres superficielles a seule permis l'identification des roches et le tracé approximatif des lignes de démarcations.

#### A) ETUDE PETROGRAPHIQUE

Les roches de la région peuvent être classées en trois types :

- schistes briovériens ;
- roches éruptives en amas ou en filons ;
- quartz en filons.

##### 1° Les schistes briovériens.

Le Briovérien apparaît ici sous son terme le plus représentatif : le faciès des phyllades de Saint-Lô. Ce faciès, déjà multiple, se complique encore d'un métamorphisme local dû aux roches éruptives et aux filons de quartz. On peut distinguer :

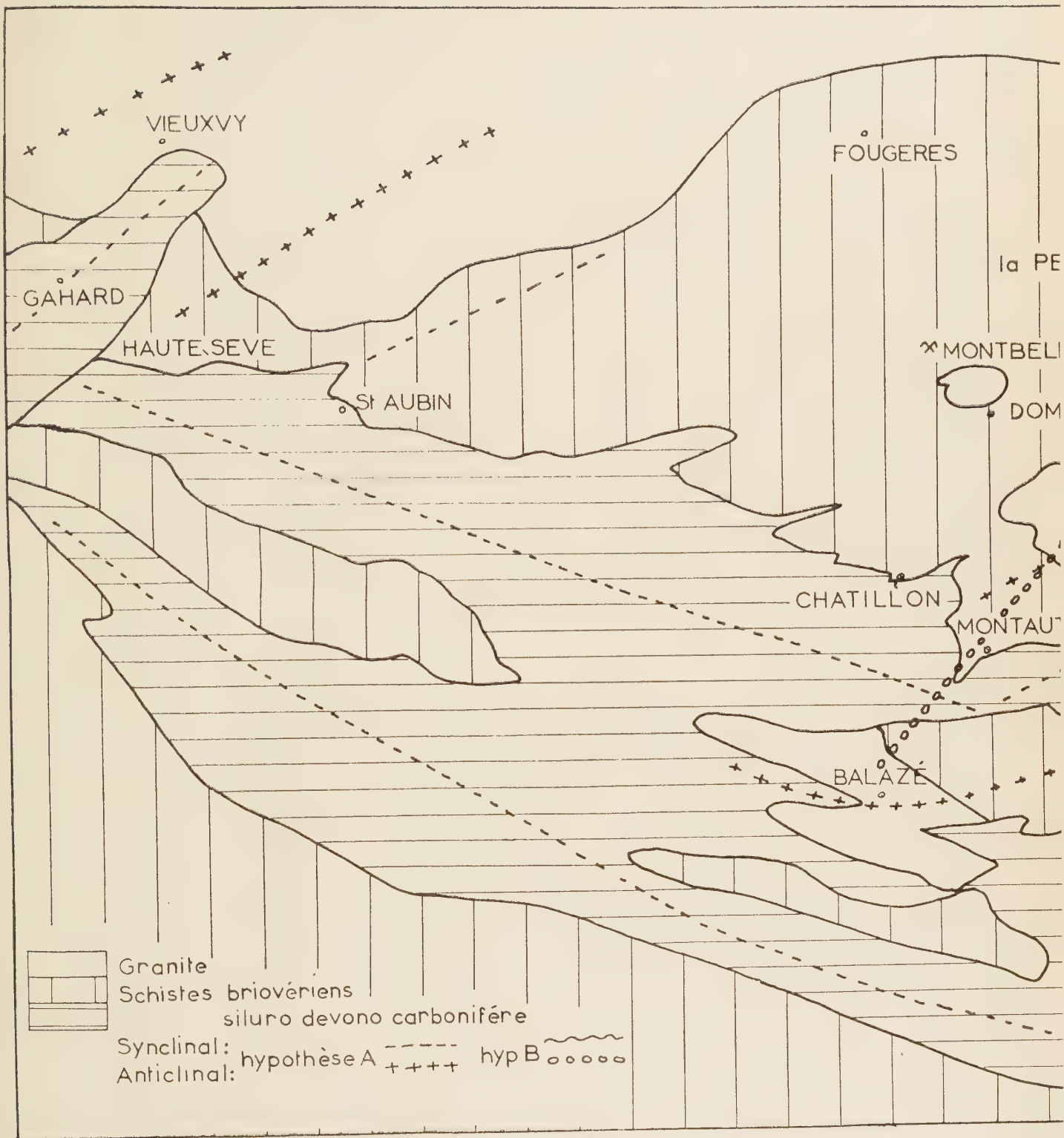
- dans les zones non métamorphiques : des schistes, des grès tendres, parfois grossiers et arkosiques ;
- dans les zones métamorphiques : des schistes tachetés, des schistes micacés, des schistes quartzifiés, des grès micacés, des grès quartzites, des quartzites.

##### a) ROCHES DES ZONES NON MÉTAMORPHIQUES.

La couleur générale est le gris foncé, parfois verdâtre, rarement jaunâtre.

Le faciès schisteux montre au microscope une purée d'éléments rarement identifiables dans lesquels on distingue parfois de la séricite et du quartz.





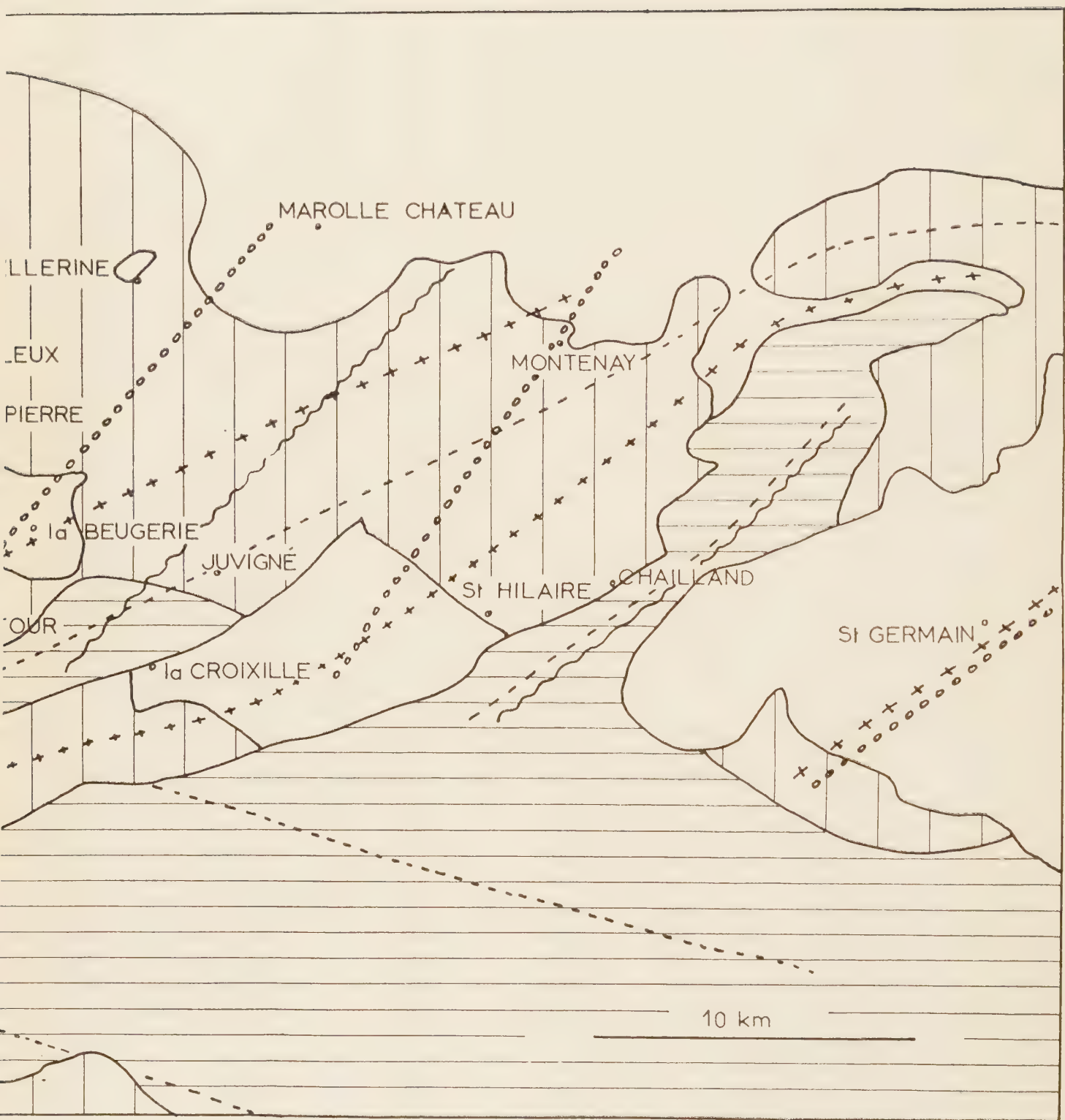


Fig. 79  
la région de Montbelleux.

Le faciès gréseux montre des grains de quartz qui sont, soit roulés, soit moins souvent anguleux, la taille des grains anguleux étant supérieure à celle des grains roulés. Quelques échantillons comportent des grains de feldspath anguleux ou très rarement roulés. Les silicates de métamorphisme primaires, toujours roulés, sont très rares ; quelques échantillons seulement montrent quelques grains de zircon ou de tourmaline.

Deux faciès de moindre importance peuvent être signalés : un faciès ardoisier et un faciès lie de vin.

#### b) ROCHES DES ZONES MÉTAMORPHIQUES.

L'évolution des schistes et des grès prend quatre formes. La première est liée à l'apparition de taches, la seconde à l'apparition de muscovite, la troisième à l'apparition de chlorite, la quatrième à l'apparition de quartz.

Dans les schistes tachetés, les taches subcirculaires dans les plans de schistosité, apparaissent sur la tranche sous forme de tirets alignés et orientés.

La muscovite se rencontre en traînées parallèles orientées selon la schistosité.

Le quartz forme soit des groupements, soit des traînées allongées ; dans les deux cas, de petits cristaux s'accolent, les cristaux centraux étant plus gros que les cristaux périphériques. Dans les types les plus évolués, les groupements sont reliés par des filets et les traînées se multiplient et s'orientent parallèlement à la schistosité.

L'évolution est parfois uniquement micacée ou uniquement quartzreuse. Dans le type le plus évolué qui ait été rencontré, les lits alternés de mica et de quartz aboutissent à un véritable micaschiste.

La chlorite n'apparaît que dans les schistes précédents assez évolués. Qu'elle soit en paillettes ou en sphérolites, elle est toujours en liaison avec de petits filonnets quartzeux orientés selon la schistosité.

Dans les grès la muscovite crible le ciment de ses petits cristaux. On aboutit ainsi soit à un grès micacé, soit à un grès quartzite. Le vrai quartzite n'a été rencontré qu'en un seul point.

Dans les types métamorphiques, le seul silicate de métamorphisme rencontré sur de rares échantillons est la tourmaline.

#### c) DISTRIBUTION DES SCHISTES BRIOVÉRIENS.

L'analyse pétrographique a été facilitée par l'étude de plusieurs centaines de lames minces ; elle a conduit au choix de deux types extrêmes entre lesquels ont été placés les types intermédiaires suivant leur degré de métamorphisme.

Par contre, la synthèse pétrographique, effectuée en vue d'établir une cartographie de la distribution des schistes, s'est révélée difficile par suite du manque d'affleurements et de l'absence parfois totale d'échantillons dans des zones assez étendues. Cette cartographie a cependant été tentée, mais les limites qui ont été tracées sur la figure 80 cherchent plutôt à circonscrire les zones métamorphisées à l'évidence qu'à séparer avec précision les deux types de schistes.

Les schistes métamorphiques auréolent tous les batholites et pointements granitiques. Toutes les auréoles sont ovales et ont leur grand axe orienté dans une direction moyenne Nord 60° Est. Lorsque les batholites et les pointements sont rapprochés il y a coalescence des auréoles et formation de surfaces amiboïdes dont les pseudopodes s'allongent vers le Nord-Est et le Sud-Ouest.

Importante au Sud-Est, la surface relative des schistes métamorphiques diminue au centre où elle ne forme plus qu'une grande tache, puis vers le Nord-Ouest où quelques

taches parsèment les schistes non métamorphiques, avant la rencontre de la bordure métamorphique du batholite de Fougères.

Dans le détail, les faciès schisteux et gréseux alternent en bancs dont la puissance varie de quelques millimètres à vingt centimètres. On trouve plutôt des grès à passées schisteuses dans le Sud-Est, et dans le Nord-Ouest des schistes à passées gréseuses. Le faciès ardoisier n'a fourni que quelques échantillons dans le Centre et le Sud-Est. Le faciès schisteux lie de vin, dont la teinte semble due à la circulation des eaux, est localisé à l'éponte Nord du filon du Saut Roland et au contact des grès armoricains. Le faciès quartziteux est localisé à l'éponte Sud du filon du Saut Roland où le grès a subi une intense quartzification.

La direction des schistes briovériens est Nord 45-60° Est, leur pendage est 70° Nord-Ouest. Ce pendage est très régulier dans la zone centrale et la zone Sud-Est ; dans la zone Nord-Ouest, quelques pendages verticaux et quelques pendages Sud ont été relevés sans qu'il soit possible, ces variations étant locales, de préciser un mouvement d'ensemble des schistes.

## 2° Les roches éruptives.

Plusieurs types de roches éruptives percent les schistes. Ce sont : le granite, le micro-granite, la microdiorite, la rhyolite et le trachyte.

### a) LE GRANITE.

Le granite forme :

- un batholite relativement grand, celui de la Beugerie, au Sud-Est ;
- un batholite moyen, celui de Dompierre, au centre ;
- de petits pointements, ceux de :
  - la Halte, au Sud ;
  - Luitré, à l'Est ;
  - Montbelleux, au Centre ;
  - Villeray, au Centre Ouest.

#### 1. — *Le batholite de la Beugerie*

Il est situé dans le coin Sud-Est de la zone étudiée. Il couvre une surface d'environ 7 km<sup>2</sup>. Sa forme est étroitement régie par une tectonique de direction Nord 60-70° Est. En effet, ses bords Nord-Ouest et Sud-Est sont rectilignes et orientés selon cette direction.

Le granite est à grain moyen. Il se compose de quartz, d'orthose perthitique abondante par rapport au plagioclase qui est l'albite, et de biotite. Dans le cœur du batholite, on remarque un granite aplitique à deux micas. Le grain est d'environ 1 mm, le quartz est plus abondant que dans le granite normal, l'orthose perthitique et l'albite sont en quantité égale, la muscovite est plus abondante que la biotite.

#### 2. — *Le batholite de Dompierre*

Situé à 2,500 km au Nord-Ouest du précédent, ce batholite, d'une surface de 2 km<sup>2</sup>, a sa forme soumise aux mêmes lois.

Dans sa moitié Sud, le granite est analogue à celui de la Beugerie et les mêmes différenciations s'y rencontrent. L'étude de la roche en place est ici facilitée par les décapages d'une carrière de sable qui permettent de constater que le granite à grain fin et à deux micas dessine des bandes orientées au Nord 40-50° Est. Dans la partie Sud-Est du



batholite cependant, cette aplité paraît couvrir des surfaces plus importantes et de forme bien définie. Le granite de la moitié Nord est différent, c'est un granite à cordiérite, à phénocristaux et à enclaves. Le grain est fin et assez irrégulier, de 0,1 à 1 mm. Il est composé de 1/3 de quartz, de 1/10<sup>e</sup> de mica : biotite légèrement ou complètement chloritisée à zircons auréolés et muscovite en quantités égales. Les phénocristaux, assez abondants comprennent du quartz, de l'orthose et de l'albite, en cristaux de 3 à 10 mm. La cordiérite est souvent altérée en séricite et biotite secondaires.

Le batholite de Dompierre réapparaît, sur son flanc Sud-Est, dans un bourrelet que l'érosion a mis à jour. Le granite ne diffère là de celui de la moitié Sud du batholite que par les grandes plages de biotite qu'il contient.

Au Nord-Ouest, dans les schistes, on distingue plusieurs filons de granite à mica blanc très arénisé, d'orientation Nord 50° Est.

Au Sud-Est, dans les schistes, des roulants permettent de supposer l'existence d'un pointement de granodiorite. La roche est grenue, homogène, la taille du grain est de 1 mm. La proportion de quartz ne dépasse pas 1/5<sup>e</sup> de la roche. Les plagioclases en baguettes en constituent environ les 2/3. L'orthose est rare. Le mica, rare, est de la biotite.

### 3. — *Le pointement de la Halte*

Situé à deux km à l'Ouest du batholite de la Beugerie, ce pointement montre deux petites coupoles affleurant sous les schistes, de part et d'autre de la voie ferrée qui est dans une dépression. Le granite est à phénocristaux.

### 4. — *Les pointements de Luitré*

Trois petits pointements affleurent ici au contact des filons de quartz. Le granite est à grain fin, d'une taille de 1/2 mm. Il contient des phénocristaux de quartz, d'orthose et de plagioclases d'une taille de 2 à 4 mm, et peu de mica blanc et de biotite. Au contact du filon de quartz, le granite s'est chargé de quartz secondaire, la biotite est tordue, altérée et groupée en petits amas.

### 5. — *Le pointement de Montbelleux*

Ce pointement affleure, mais n'est nulle part visible. Des tranchées ont mis à jour une arène qui paraît provenir d'un granite à grain moyen et à mica blanc.

### 6. — *Le pointement de Villeray*

Ce pointement affleure sur une surface d'environ 200 mètres de grande dimension. Le granite est aplitique à mica blanc, à grain fin et à phénocristaux. La taille du grain varie de 0,1 à 0,5 mm. Le quartz compose les 8/10<sup>e</sup> des éléments fins ; le reste comprend de l'orthose, de l'albite et, en proportion moindre, de la muscovite. Les phénocristaux, quartz, orthose et albite, peu abondants, ont une taille variant de 2 à 5 mm.

## b) LE MICROGRANITE.

Il forme des pointements et des filons qui recoupent les schistes et le batholite de la Beugerie.

### 1. — *Le filon de Parcé*

Un filon de microgranite traverse Parcé. A l'Est, son affleurement de 150 m de large semble s'allonger sur 500 mètres en direction Nord 70° Est. A l'Ouest de Parcé un chemin recoupe un filon de quelques décimètres qui s'oriente sur le même alignement et montre un pendage Sud de 70°.



Le fond de la roche est constitué par de petits cristaux de quartz, de feldspath et de muscovite en petites paillettes. La texture granophyrique très fine est répandue. Parmi les phénocristaux on remarque :

- des quartz bien arrondis, parfois cassés, mais non déformés optiquement ;
- des feldspaths aux formes propres : orthose à texture graphique, albite plus abondante ;
- de la biotite très altérée.

A l'extrême Est du filon des roulants ont révélé l'existence d'un type très chargé en biotite.

## 2. — *Le pointement du Ray*

Le microgranite affleure au Ray, à un km au Sud-Ouest du batholite de Dompierre. Il forme un pointement ovale de 150 m sur 250 qui couronne une butte prononcée et dont le grand axe est orienté Nord 65° Est.

A un km au Sud-Ouest, sur le même alignement, un filon de microgranite, pris dans un passage faillé et silicifié, montre une orientation Nord 65° Est et un pendage Sud.

A l'examen microscopique apparaissent, sur un fond microgrenu, des phénocristaux de quartz corrodé, d'orthose, d'albite et de biotite chloritisée. Le sphène et la pyrite en cubes constituent les minéraux secondaires.

## 3. — *Les filons de la Beugerie*

Des filons de microgranite, orientés Nord 70° Est recoupent le batholite granitique de la Beugerie.

Le fond microgrenu de la roche montre du quartz, de l'orthose, peu de plagioclases et de la muscovite. Le quartz corrodé ou à limites peu nettes, l'orthose rare, l'albite (ou dans certains filons, l'oligoclase zoné) et la biotite brun-jaune forment les phénocristaux.

### c) LA MICRODIORITE.

La microdiorite se trouve dans la zone Nord-Est où apparaissent deux filons interstratifiés.

La texture de la roche est microgrenue. Les phénocristaux sont peu abondants, on distingue des feldspaths altérés et de la hornblende verte en baguettes. La roche contient un peu d'apatite.

### d) LA RHYOLITE.

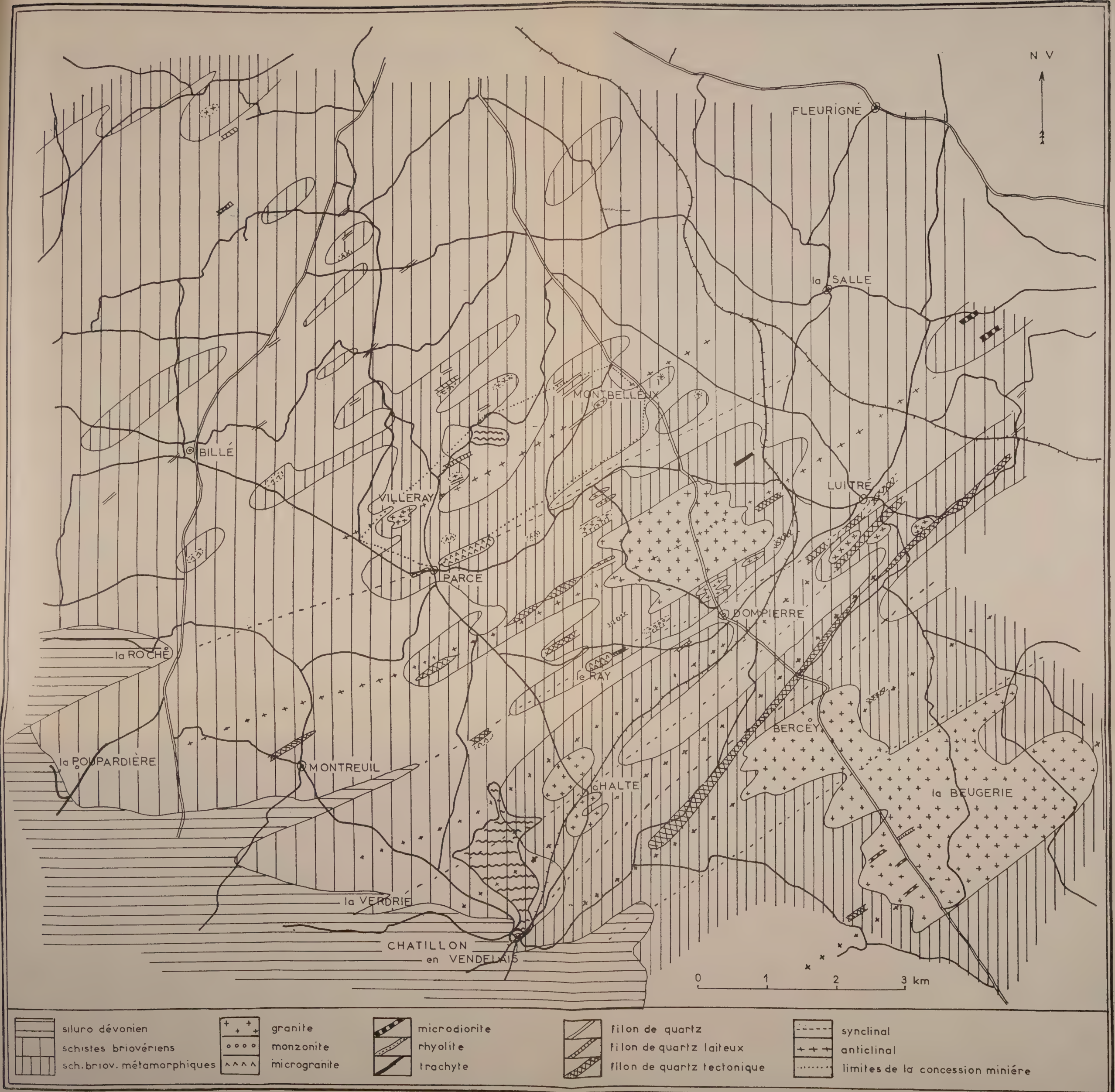
Un filon de cette roche recoupe le batholite de la Beugerie.

C'est une roche claire, à texture fluidale. Au microscope, on distingue dans le fond de la roche des baguettes de plagioclases enchevêtrées et un peu de quartz. Les phénocristaux sont des plagioclases zonés très altérés. La roche contient beaucoup de sphène et un peu d'épidote.

### e) LE TRACHYTE.

Cette roche forme, interstratifié dans les schistes, un filon de plusieurs mètres de puissance, orienté Nord 50° Est et situé à 700 mètres au Nord-Est du batholite de Dompierre.

La structure est microlitique. On distingue sur un fond d'oligoclase et d'orthose, des phénocristaux d'orthose.



siluro dévonien



schistes briovériens



sch. briov. métamorphiques



granite



monzonite



microgranite



microdiorite



rhyolite



trachyte



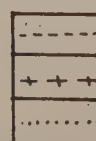
filon de quartz



filon de quartz laiteux



filon de quartz tectonique



synclinal



anticlinal



limites de la concession minière

FIG. 80

Carte géologique de la zone de Montbelleux.





*Remarque* : on trouve de nombreux roulants de roche éruptive. Correspondant aux endroits où ces roulants, nombreux, se groupent dans une zone bien délimitée, un pointement cerné d'un pointillé est porté sur la carte.

### 3° Les filons de quartz.

De nombreux filons de quartz, orientés Nord 40° Est à Nord 80° Est, recoupent les schistes et le granite. Trois types ont été distingués :

- a) *Les filons minces* à bords nets, d'une puissance de 1 à 30 cm. On les trouve :
  - à l'intérieur du batholite de la Beugerie ;
  - à l'intérieur du batholite de Dompierre, où, puissants de 1 à 10 cm et orientés Nord 40 à 50° Est, ils sont minéralisés en pyrite, mispickel et chalcopryrite ;
  - en bordure et à l'intérieur du pointement de Montbelleux, où ils constituent le gisement actuel, orientés Nord 40-50° Est et pentés au Nord ;
  - à l'intérieur du pointement de Villera y où ils sont également minéralisés en wolframite, mais orientés Nord 70-80° Est et pentés au Sud ;
  - enfin dans les schistes, où peu puissants ils abondent, toujours interstratifiés et souvent localisés à un contact grès-schistes.

b) *Des filons plus puissants* de 30 à 60 cm, à bords nets, à quartz plus laiteux, à cassure orthogonale.

On les rencontre dans les schistes, aux abords des pointements granitiques et parfois à l'intérieur comme à Villera y. Ils sont orientés Nord 60-70° Est et souvent en relation avec le microgranite.

c) *De gros filons* à bords irréguliers, d'une puissance variant d'un mètre à une dizaine de mètres. Ces filons représentent la cicatrisation quartzreuse de zones cisailées et broyées. Lorsqu'on suit ces filons à la boussole, sur le terrain, on ne rencontre parfois qu'une silicification des schistes et des grès. En d'autres endroits les filonnets quartzreux forment un réseau anastomosé dont la fracturation s'accroît parfois jusqu'à provoquer l'éclatement des grès et former une brèche. Les diverses étapes de cette fracturation se distinguent souvent dans les brèches où les morceaux emballés montrent des traces du réseau de filonnets initial. Elles se distinguent également dans le corps massif du filon où une brèche d'un premier quartz blanchâtre a parfois été recimentée par une venue d'un quartz plus pur et mieux cristallisé, et parfois encore par une dernière venue quartzreuse qui a cristallisé en aiguilles. On y rencontre souvent une minéralisation d'hématite. Ces filons résistent à l'érosion ; lorsqu'ils lui cèdent, ils s'affaissent en un chaos de gros blocs de quartz.

Le filon le plus important de ce type est celui du Saut Roland qui traverse toute la zone des schistes briovériens, du synclinal de Laval au granite de Fougères, et qui est dévié, dans sa partie Sud, par le batholite de la Beugerie qu'il longe sur son flanc Nord-Ouest.

D'autres filons, moins continus, ont été décelés soit par leur affleurement, soit surtout par leur chaos de quartz.

L'orientation du filon du Saut Roland est Nord 40-50° Est et son pendage est Sud-Est.

## B) INTERPRETATION DES FAITS GEOLOGIQUES LOCAUX

L'étude de la géologie générale a mis en lumière les deux directions tectoniques principales qui régissent la structure bretonne. Le grand synclinal de Laval a été rattaché

à une première direction ; une étude de la géologie régionale a rattaché ensuite à la seconde direction tout un faisceau de plis qui se branche sur le flanc Nord du synclinal de Laval. Ce faisceau de plis contient une zone floue dans laquelle se trouve le gisement de Montbelleux. C'est l'étude de détail de cette zone qui vient d'être exposée.

Je dois dire ici qu'en abordant l'étude de cette zone, mon espoir était que, malgré la difficulté du levé, les faits accumulés en nombre suffisants concourraient à démontrer l'existence de plis concordant avec le faisceau régional et permettraient, en conclusion, d'insérer dans le cadre préparé cette zone élucidée à la façon de la dernière pièce d'un puzzle.

La carte géologique détaillée de la zone une fois dressée, la réalité apparut complexe. En effet, s'il est possible d'élaborer une hypothèse qui met en jeu une tectonique souple du style régional, il est également possible d'en élaborer une seconde qui met en jeu une tectonique cassante. Mais on verra par la suite qu'aucune de ces hypothèses n'utilise, dans la reconstitution de son mécanisme, toutes les pièces que l'analyse des faits a rendues disponibles.

J'ai alors pressenti que l'hypothèse la plus proche de la réalité mettrait en jeu les deux types de tectoniques, mais les faits livrés par la zone de Montbelleux étaient insuffisants pour l'étayer. Il s'est avéré alors nécessaire de reconsidérer en détail la géologie régionale pour en isoler l'histoire locale de Montbelleux.

### 1° Interprétation structurale mettant en jeu une tectonique souple.

Dans la série de plis orientés selon la direction du Léon et branchés sur le synclinal de Laval, la zone de Montbelleux apparaît comme une lacune entre l'anticlinal de la Beugerie et celui de la Forêt de Haute-Sève.

On peut, sur le levé détaillé, en utilisant les clés qui ont servi pour les plis régionaux, tracer une suite de plis locaux.

Ces clés sont les suivantes :

- les batholites s'allongent dans les anticlinaux ;
- les schistes et grès siluro-dévonien apparaissent dans les synclinaux ;
- les becs pointant du synclinal principal représentent les amorces des synclinaux secondaires maintenant érodés.

La suite de plis relevés est la suivante (fig. 80) :

— l'anticlinal de Montautour, marqué par un golfe de grès armoricain. Il renferme le batholite de la Beugerie. La forme de ce batholite, telle qu'elle apparaît sur le levé détaillé, demande une précision : il semble bien être formé de deux batholites accolés, celui de la Beugerie et celui de Bercey, leur plan d'accolement étant représenté par le synclinal qu'indique la digitation gréseuse située à l'Est de Châtillon-en-Vendelais ;

— l'anticlinal correspondant à la rentrée des grès entre la digitation située à l'Est de Châtillon et Châtillon même, et qui contient alors le batholite de Bercey ;

— le synclinal marqué par le bec des grès du Nord de Châtillon, qui limite le batholite de Bercey et rejoint au Nord-Est une langue de schistes non métamorphiques ;

— l'anticlinal situé entre le bec du Nord de Châtillon et le bec de la Verdrie, qui est marqué par le pointement Sud de la Halte et le pointement Est de Luitré ;

— le synclinal indiqué par le bec de la Verdrie, qui suit la longue dépression des schistes non métamorphiques allongés de la Halte au Sud de Luitré ;

— l'anticlinal indiqué par le golfe des grès armoricains séparant le bec de la Verdrie de la digitation de Montreuil, qui renferme le batholite Nord de la Halte et les batholites Ouest de Luitré ;



— le synclinal marqué par le pédoncule gréseux de Montreuil, qui limite le batholite de Dompierre ;

— l'anticlinal du batholite de Dompierre ;

— le synclinal indiqué par la digitation de la Roche, qui sépare le batholite de Dompierre des pointements de Montbelleux et de Villeray.

Cette hypothèse peut être critiquée de la façon suivante :

— les plis dessinés sont orientés Nord 60 - 70° Est, alors que le plissement régional est orienté Nord 45 - 50° Est. En particulier, l'anticlinal de la Beugerie, qui était raccordé au pédoncule de Marolle-le-Château, doit être raccordé à celui de Montenay (fig. 79 - deuxième hypothèse b) ;

— si les filons de quartz laitieux et les microgranites sont orientés Nord 70° Est, les filons minéralisés de Montbelleux et les gros filons de quartz à hématite sont orientés Nord 40 - 50° Est ;

— enfin, les becs de grès armoricains du synclinal de Laval sont nettement en relation avec des failles assez importantes.

## 2° Interprétation structurale mettant en jeu une tectonique cassante.

Cette interprétation met en jeu quatre failles importantes qui sont, de l'Est à l'Ouest, la faille de Châtillon, la faille de la Verdrie, la faille de Montreuil, la faille de la Roche (fig. 81).

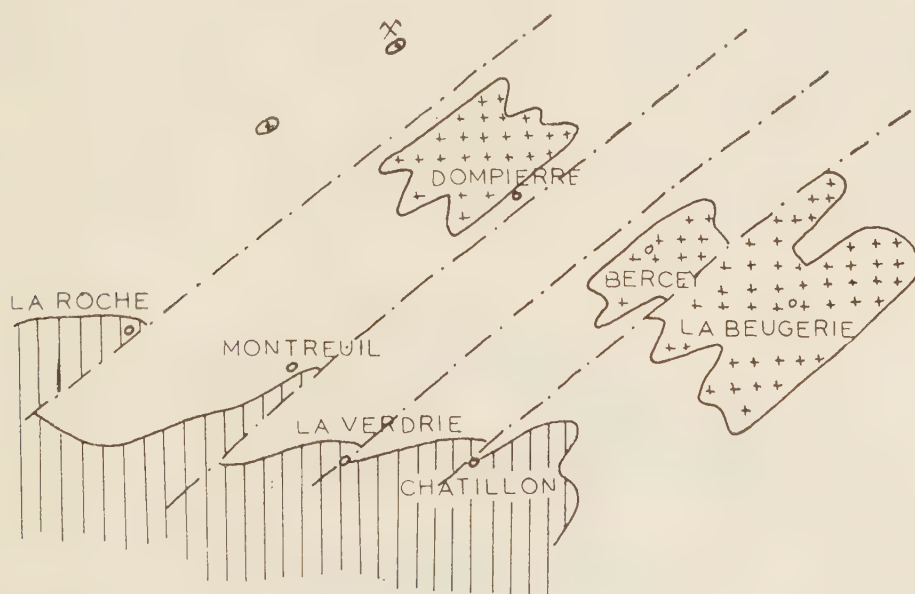


FIG. 81

Schéma structural illustrant l'hypothèse d'une tectonique cassante.

La faille de Châtillon sépare le batholite de Bercey de celui de la Beugerie.

La faille de la Verdrie limite le batholite de Bercey au Nord-Ouest.

La faille de Montreuil limite le batholite de Dompierre au Sud-Est.

La faille de la Roche passe à peu de distance de la limite Nord-Ouest du batholite de Dompierre et sépare de lui le pointement de Montbelleux.

Dans cette interprétation, les limites Nord-Ouest et Sud-Ouest des batholites qui se soumettent étroitement à la direction Nord 60 - 70° Est, ne sont pas dues comme dans l'interprétation précédente à un contrôle étroit de la forme des batholites par le plissement lors de la mise en place du granite, mais bien, ce qui est plus satisfaisant, à une coupure par des failles.

Il devient alors tentant de supposer un jeu de ces failles tel que :

— la faille de Châtillon ait décapité le batholite de la Beugerie et l'ait rejeté au Nord-Ouest en formant le batholite de Bercey ;

— la faille de la Roche ait scalpé le batholite de Dompierre et en ait rejeté la chevelure dans la zone de Montbelleux.

Mais une telle hypothèse est prématurée et surtout ne correspond pas, dans le synclinal proche, à des rejets du même genre.

Cette interprétation, basée sur une tectonique cassante, ne rend pas compte de la mise en place des batholites granitiques qui lui sont antérieurs, ni de l'orientation des filons de quartz et de granite à mica blanc qui leur sont liés. Par contre, on peut remarquer que les filons de microgranite sont localisés exactement sur le passage des failles.

### 3° Interprétation mettant en jeu les deux types de tectonique.

Les faits relevés dans la zone de Montbelleux sont impuissants à étayer une interprétation qui mette à la fois en jeu une tectonique souple et une tectonique cassante. Une étude de la structure régionale a donc été entreprise ; elle dispose d'un élément exceptionnellement favorable : la présence du synclinal de Laval qui a subi toutes les vicissitudes tectoniques et qui en a conservé les marques.

#### a) ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE : LES TRAVAUX DE C. BARROIS.

Ce synclinal, dans sa partie pincée qui relie l'évasement de Châteaulin à l'Ouest et l'évasement de Laval à l'Est, a été étudié par Charles BARROIS [BARROIS, 1895].

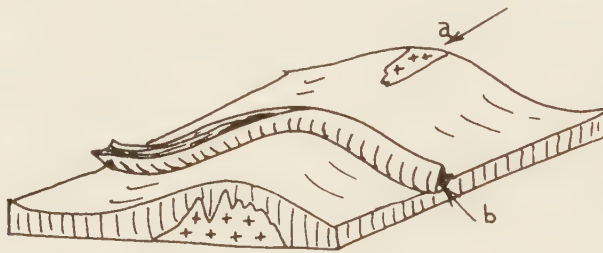


FIG. 82

Schéma d'après BARROIS montrant la torsion  
du synclinal de Belair (b)  
sur l'anticlinal granitique de Fougères (a).

Cette étude aboutit entre autres à cette conclusion dont on évaluera par la suite l'importance : d'après BARROIS, les lignes anticlinales granitiques, orientées selon la direction du Léon, recoupent la ligne synclinale Châteaulin - Laval orientée selon la direction de la Cornouaille. L'argumentation tient dans les deux constatations suivantes :

1° Si l'on représente d'une façon simplifiée le synclinal de Laval par une gouttière (fig. 82), on remarque que, à l'Ouest de son point de croisement avec l'anticlinal de

Fougères, cette gouttière est inclinée vers le Nord, selon l'inclination du flanc Nord de l'anticlinal. Par contre, à l'Est du point de croisement, la gouttière est inclinée au Sud. Il semble donc bien ici que l'anticlinal de Fougères soit postérieur au synclinal et qu'en se soulevant il ait amené la gouttière qu'il croise en profondeur, à se coucher sur ses flancs ;

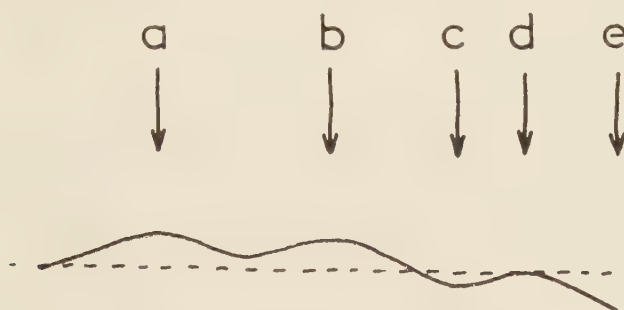


FIG. 83

Profil en long du bassin de Belair, d'après BARROIS montrant l'anticlinal de Dinan (a), l'anticlinal de Fougères (b), le massif de Gahard (c), l'anticlinal de Haute-Sève (d), le massif de Saint-Aubin du Cormier (e).

2° Prenant comme critère de profondeur la largeur du synclinal en surface et la nature des terrains qui en composent le cœur, BARROIS a tracé un profil en long montrant que la charnière ondule dans le sens de la longueur (fig. 83). Au passage de chaque

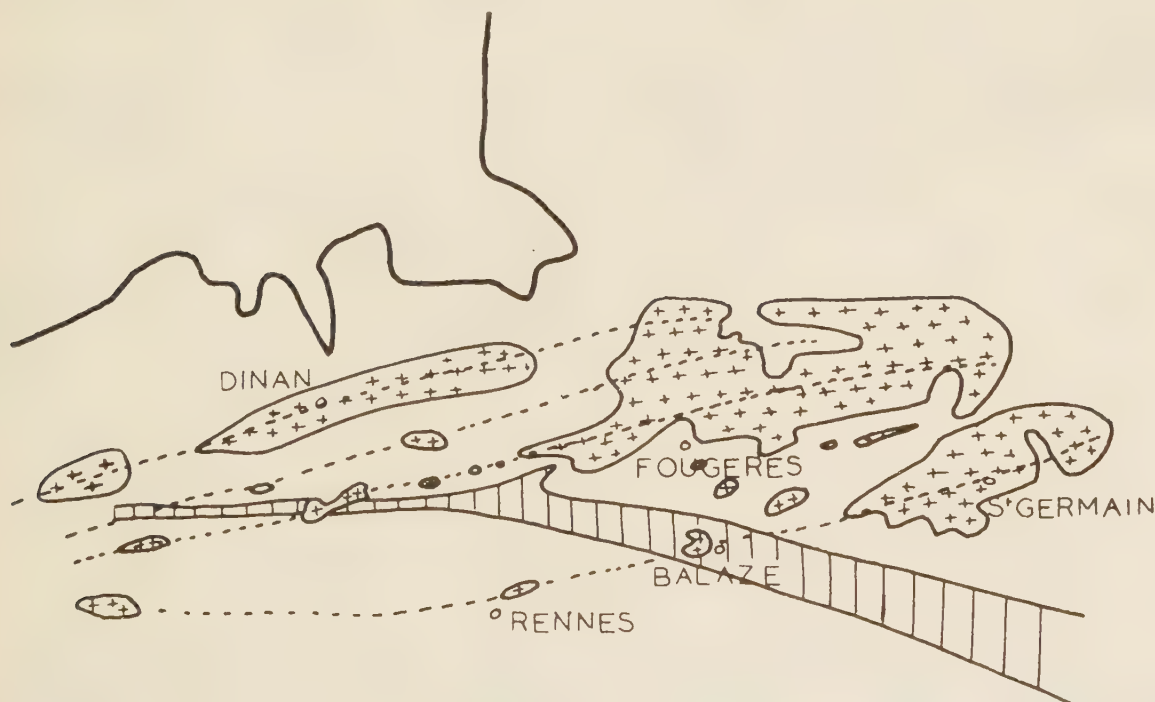


FIG. 84

Disposition des anticlinaux dans le Nord-Est de la Bretagne d'après BARROIS.

anticlinal le synclinal se bombe comme s'il avait été soulevé lors de la formation postérieure de l'anticlinal. On voit sur la figure 83 reproduite d'après BARROIS que trois anticlinaux sont signalés : celui de Dinan, celui de Fougères, celui de Haute-Sève.

Dans une communication plus récente [BARROIS, 1930] BARROIS relie l'anticlinal de Saint-Germain au batholite de Balazé et au batholite de Rennes, traçant ainsi dans la zone à étudier ici, une ligne anticlinale parallèle à celle de Fougères et traversant comme elle le synclinal de Laval (fig. 84).

#### b) ETUDE STRUCTURALE DU SYNCLINAL DE LAVAL.

J'ai étudié la structure du synclinal de Laval dans tout le tronçon qui borde au Sud-Ouest la région de Montbelleux, c'est -à-dire de Gahard à Vitré. Cette étude dont les grandes lignes sont représentées sur la figure 85 a permis de retracer l'histoire de la région de Montbelleux, qu'on peut décomposer en trois étapes :

1. — Un plissement, orienté selon la direction de la Cornouaille, pince le synclinal de Laval qui est composé de deux rides et qui s'enfonce progressivement vers le Sud-Est.
2. — Un plissement, orienté Nord 45 - 50° Est, crée un faisceau de plis branché sur le flanc Nord du synclinal de Laval.

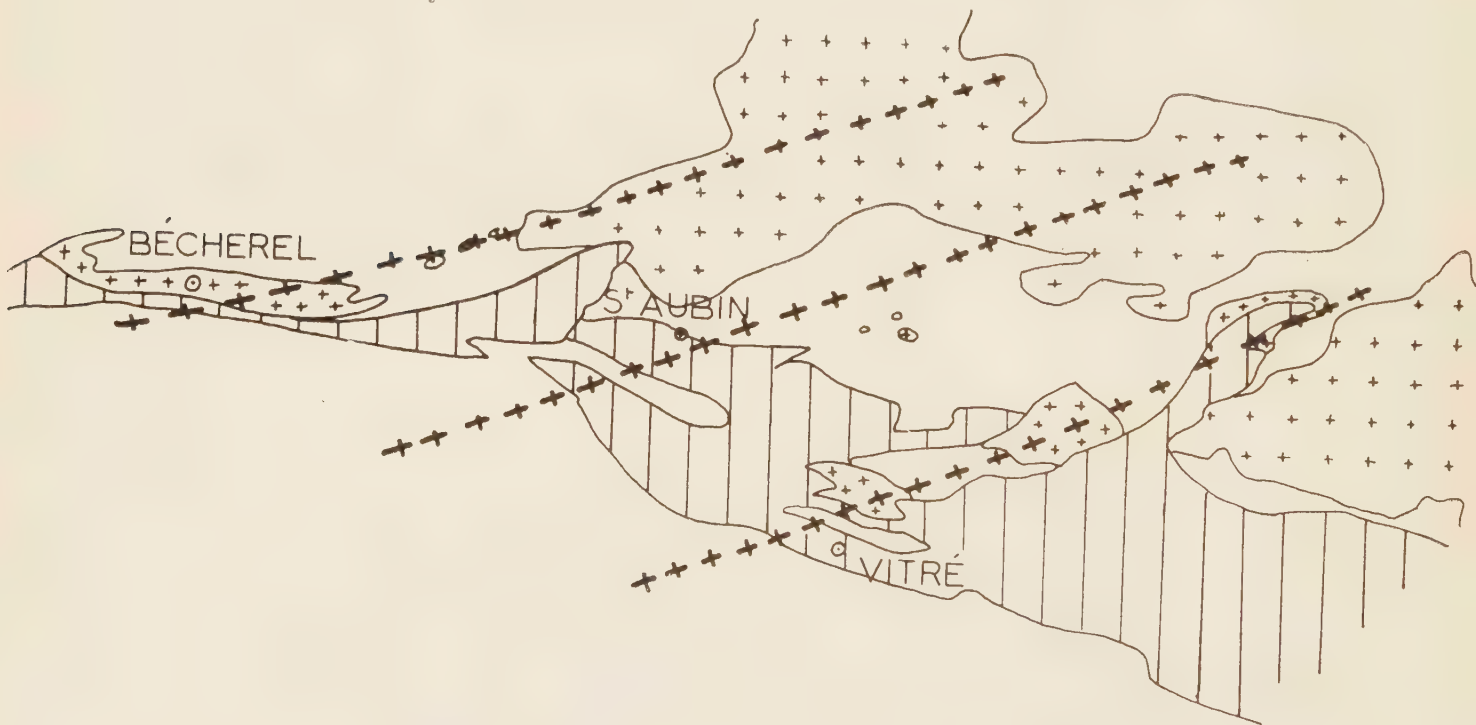
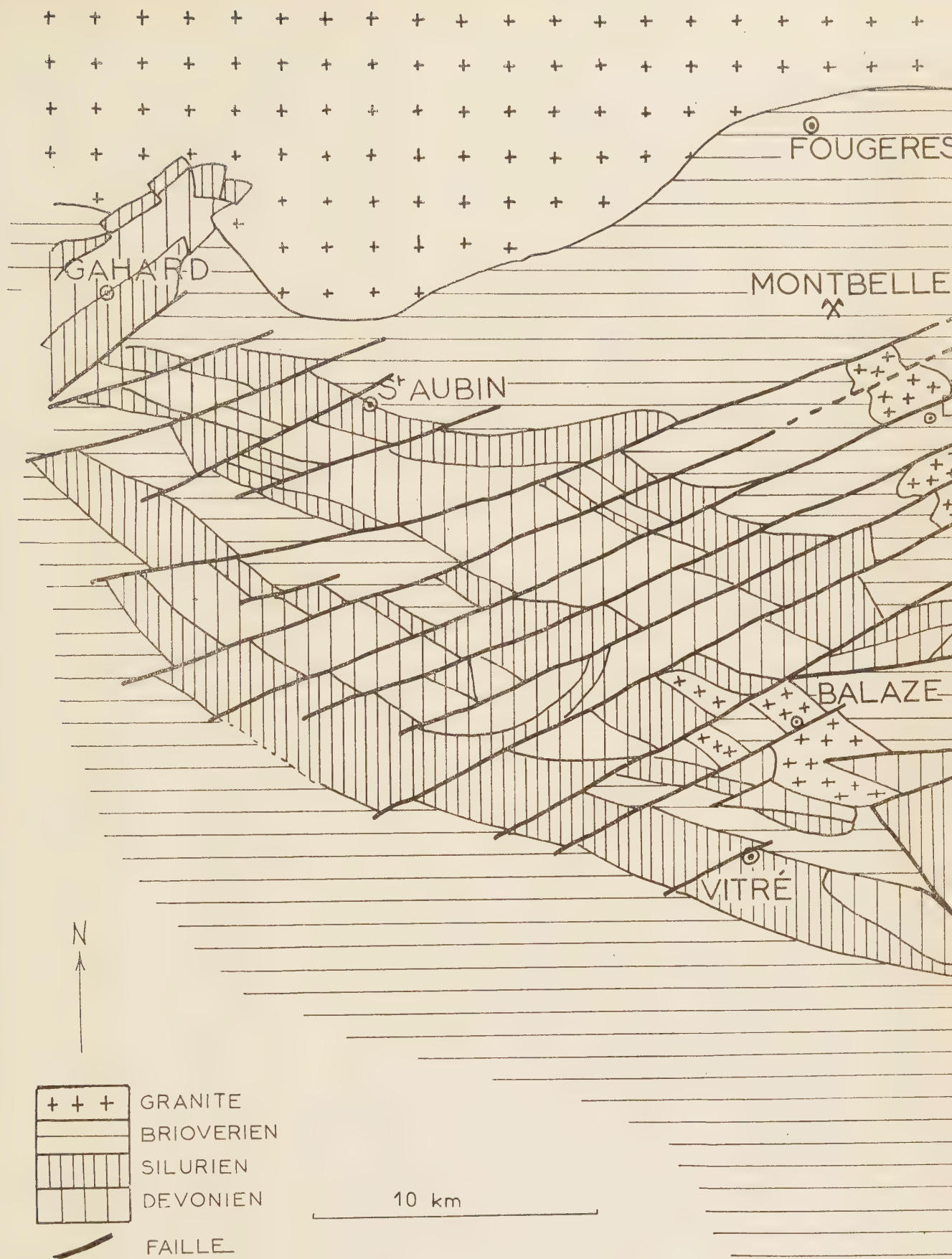


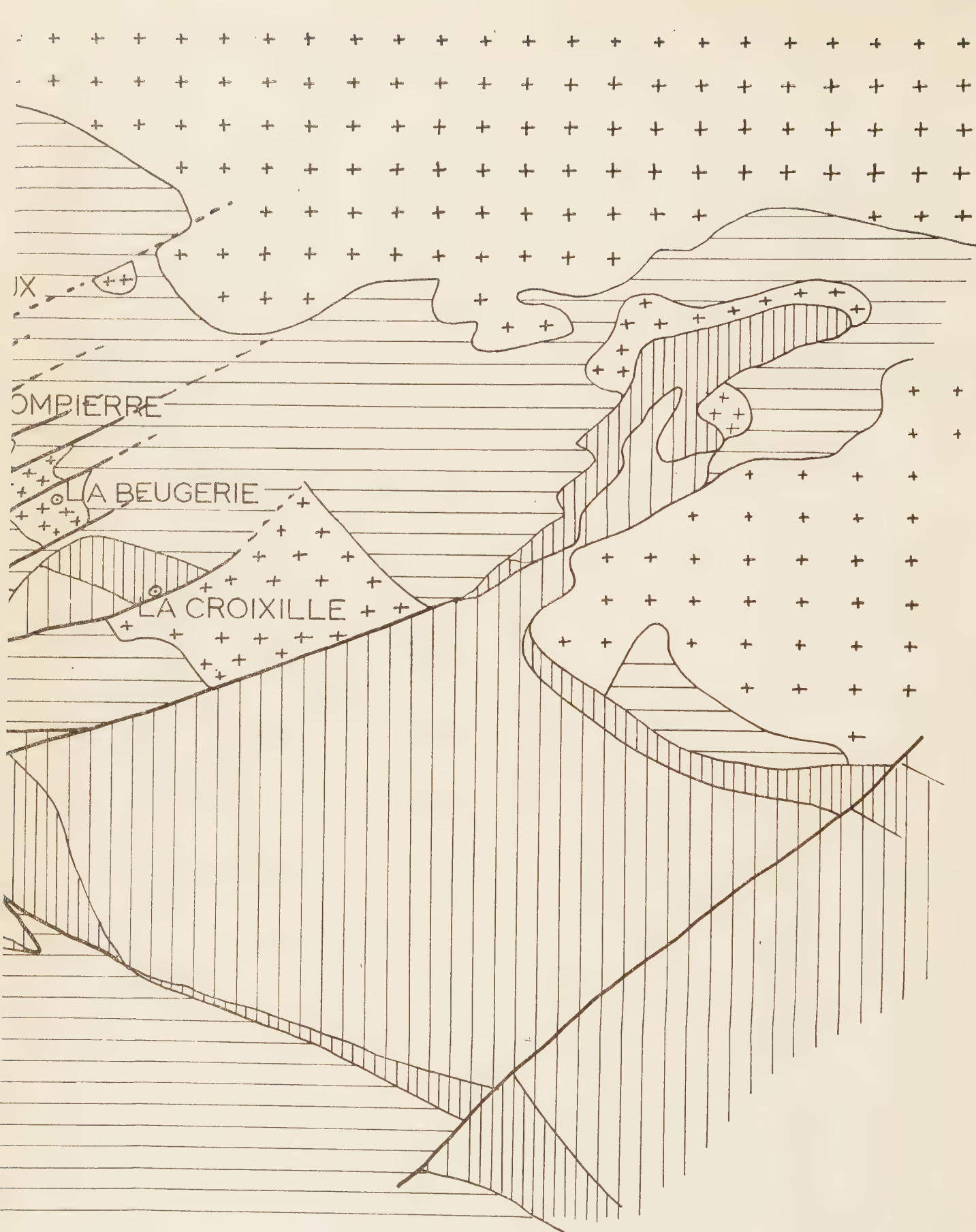
FIG. 85 bis

Carte géologique indiquant les anticlinaux de Fougères, de Saint-Aubin et de Vitré.

3. — Un plissement orienté Nord 60 - 70° Est met en place trois anticlinaux importants : Fougères, Saint-Aubin du Cormier, Vitré, qui recoupent tous les plis précédents (fig. 85 bis). Le bombement progressif de ces anticlinaux peut se décomposer lui-même en trois temps (fig. 86).







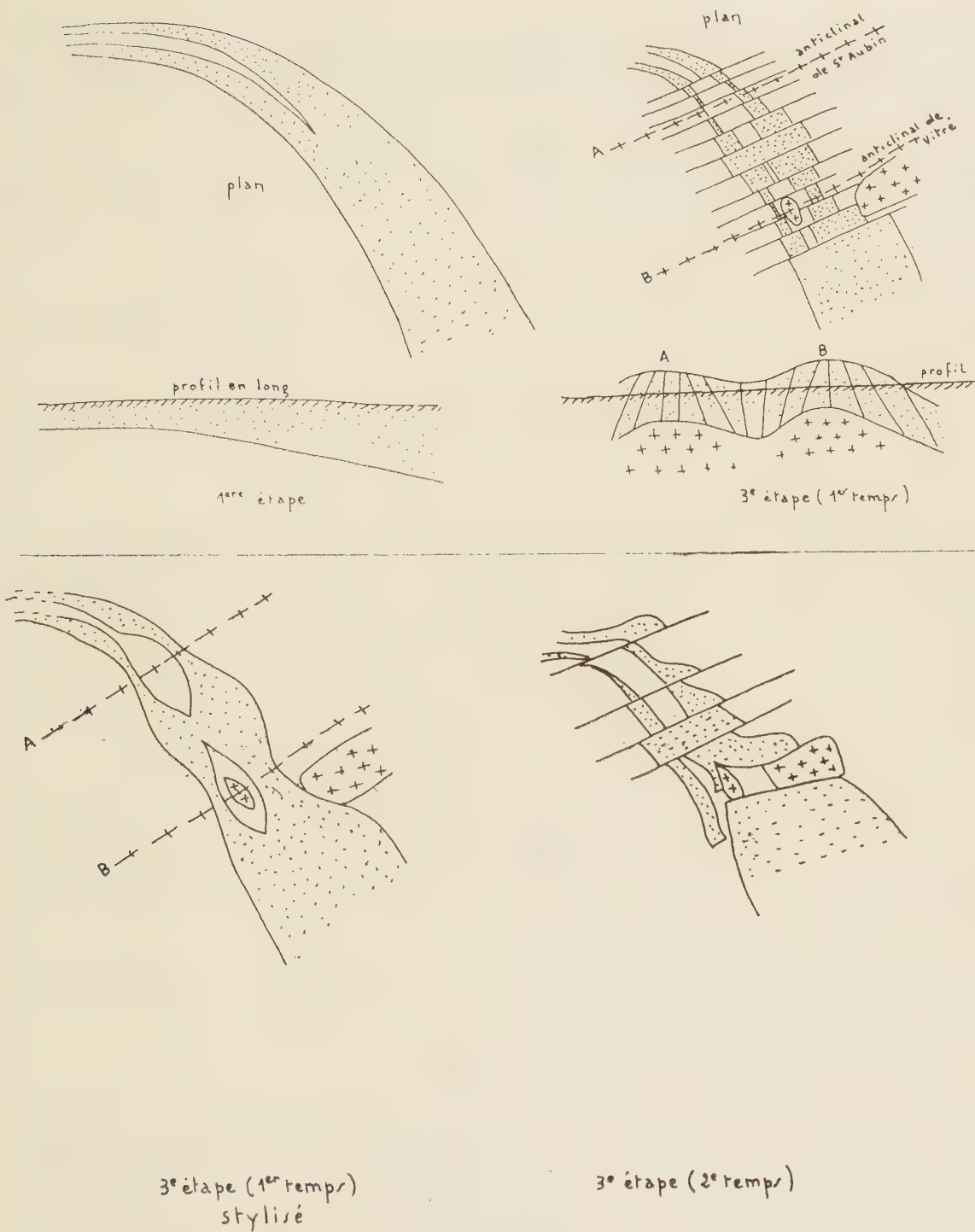


FIG. 86

Schéma montrant les différentes étapes de l'évolution tectonique de la région de Montbelleux.

a) Le synclinal se soulève aux points d'intersection avec les trois anticlinaux : Bécherel, Saint-Aubin du Cormier, Vitré. Ce soulèvement s'accompagne de failles parallèles en plan, orientées comme les anticlinaux Nord 60 - 70° Est.

b) La montée des anticlinaux s'accompagne d'un écrasement des terrains qui les séparent. Le synclinal éclate de toutes parts sous la poussée.

c) En certains points le granite atteint un niveau qui correspond au niveau actuel d'érosion, et enrobe des éclats du synclinal.

#### c) DISCUSSION.

1) LA PREMIÈRE ÉTAPE, celle du pincement du synclinal de Laval, ne suggère aucun commentaire.

2) LA SECONDE ÉTAPE met en jeu une tectonique souple qui crée, branché sur le flanc Nord du synclinal de Laval, un faisceau de plis orientés Nord 45-50° Est. A ce faisceau appartiennent certains granites et certains synclinaux secondaires (Hypothèse a de la fig. 79).

$\alpha$ ) *Granites* : L'appartenance de ces granites au plissement de direction Nord 45 - 50° Est est montrée par l'orientation de leur cassure et celle des filons de granite à mica blanc, de granite à grain fin et de quartz qui les accompagnent. Tel est le cas des pointements de Montbelleux, du batholite de Dompierre et de celui de la Beugerie. Le cas du batholite de Balazé est plus délicat. Il est situé dans une position anticlinale entre les deux plis du synclinal de Laval. Mais plusieurs faits permettent de le raccorder au plissement Nord 50° Est. On peut d'abord remarquer qu'il s'aligne dans cette direction avec le lobe de Marolle-Château, le batholite de la Beugerie et un pointement situé dans le synclinal entre la Beugerie et Balazé. On verra par la suite que sa fracturation et le rôle de môle qu'il a joué au cours du plissement Nord 70° Est prouve qu'il est antérieur à ce plissement.

$\beta$ ) *Synclinaux* : Un seul synclinal de cette époque branché sur le flanc Nord du synclinal de Laval est certain, celui de Chailland. Un second est possible celui de Gahard, mais on verra qu'une origine plus plausible peut lui être trouvée. Quant aux nombreux becs qu'on soupçonnait, en premier lieu, d'appartenir à des synclinaux secondaires, leur origine découle mieux des effets de la tectonique cassante qui va être maintenant exposée.

3) LA TROISIÈME ÉTAPE met en jeu une tectonique cassante due à la lente montée des anticlinaux orientés Nord 70° Est, l'anticlinal de Fougères, celui de Saint-Aubin du Cormier, et celui de Vitré. (Les effets de cette tectonique n'ont pas été étudiés dans la partie située à l'Ouest de Gahard qui est extérieure à la région de Montbelleux.)

On peut décomposer cette montée en trois temps :

$\alpha$ ) *Au cours d'un premier temps* les bombements de Saint-Aubin et de Vitré ont créé une fracturation qu'on retrouve maintenant sous forme d'une multitude de failles dont les traces sur le plan d'érosion actuel sont parallèles et toutes orientées Nord 60 - 70° Est. Les failles principales découpent des claveaux qui sont à leur tour découpés par des failles secondaires. Sur le terrain on les décèle de Gahard à Vitré.

$\beta$ ) *Au cours d'un second temps* la montée plus proche de la granitisation a produit une compression de toute la zone comprise entre les anticlinaux de Fougères et de Vitré.

Lorsque leur position le leur permit, les claveaux découpés par les failles du temps précédent jouèrent selon ces failles. Mais, dans les endroits où les môles granitiques les



bloquèrent, les claveaux ne purent jouer et le synclinal, raidi par son armature de grès, éclata d'une façon que la carte structurale révèle spectaculaire.

Dans la partie centrale de la zone étudiée les claveaux ont joué selon les failles, mais, aux deux extrémités la compression s'est accompagnée de rupture et d'écartèlement.

Dans la partie Nord-Ouest on peut être tenté de considérer l'avancée de Gahard comme une amorce de synclinal secondaire appartenant au deuxième temps, et la position entre deux anticlinaux secondaires apporte un argument à cette hypothèse. Mais l'étude du flanc Sud-Est de l'avancée montre que tous les contacts avec la zone de Saint-Aubin du Cormier se font par failles. La figure 87 qui montre les différentes phases de la rupture d'un coude du synclinal par compression et chevauchement donne une explication qui à mon avis rend compte de tous les faits relevés.

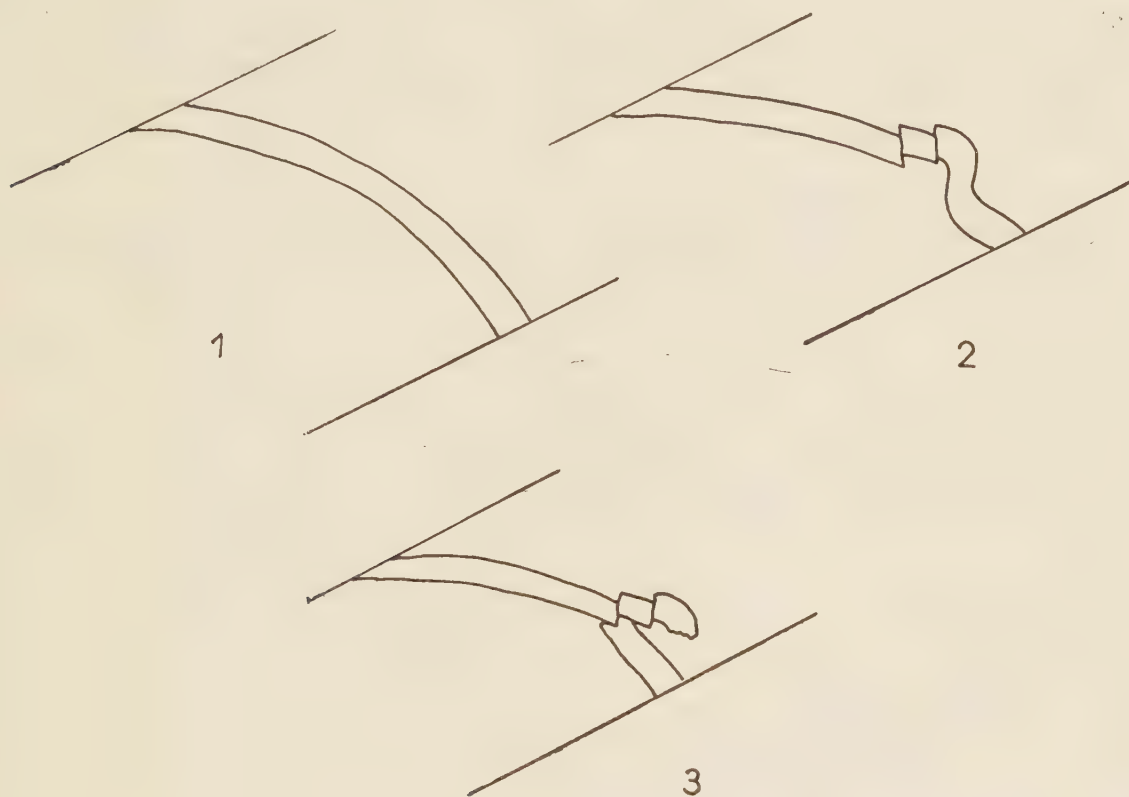


FIG. 87

Schéma illustrant l'hypothèse émise sur la formation de l'avancée de Gahard.

Dans la partie médiane les claveaux ont joué latéralement pour absorber une partie de la compression, l'autre étant absorbée par la plasticité. Ce dernier travail fut facile pour les schistes du cœur du synclinal ; il le fut moins pour les grès armoricains qui le gainent. La compression rebroussa ces grès sur le flanc Nord du Synclinal et les failles parfois en soulevèrent des copeaux, formant en particulier les becs de la Roche, de la Verdie, de Montreuil et de Châtillon.

Dans la partie Sud-Est, une faille du second temps, orientée Nord 70° Est, limite la partie Sud-Est du synclinal de Laval qui n'a pas été dérangée et qui conserve de ce fait

sa largeur et sa profondeur du premier temps. La terminaison Nord-Ouest de cette zone calme se présente comme un coin dont la pointe est armée du batholite de Balazé. Le flanc Nord de ce coin, le plus important, est protégé par le môle profond de l'anticlinal de Vitré.

Lors du mouvement de compression, la partie Nord-Ouest du synclinal a été écrasée contre ce soc et s'y est éventrée.

Le pli Nord, écartelé, a d'une part glissé contre le flanc Sud du batholite de Balazé et d'autre part a été rebroussé par le flanc Nord du batholite de la Croixille.

Au centre, la lame de grès armoricain qui gaine le synclinal chevauche le batholite de Balazé et le recouvre comme une paupière.

Le pli Sud du synclinal, arraché de sa base a glissé le long du flanc Sud du soc.

$\gamma$ ) *Au cours d'un troisième temps*, le granite, en certains points, atteint un niveau qui correspond au niveau actuel d'érosion. Dans l'anticlinal de Fougères il enrobe le moignon de Gahard. Dans l'anticlinal de Vitré, le granite affirme son orientation Nord 70° Est en festonnant le pourtour du synclinal de Chailland qui, orienté Nord 50° Est, appartient au plissement précédent.

#### d) LA ZONE DE MONTBELLEUX.

L'étude structurale du synclinal éclaire d'un jour nouveau la zone de Montbelleux dont on peut maintenant retracer l'histoire (fig. 88).

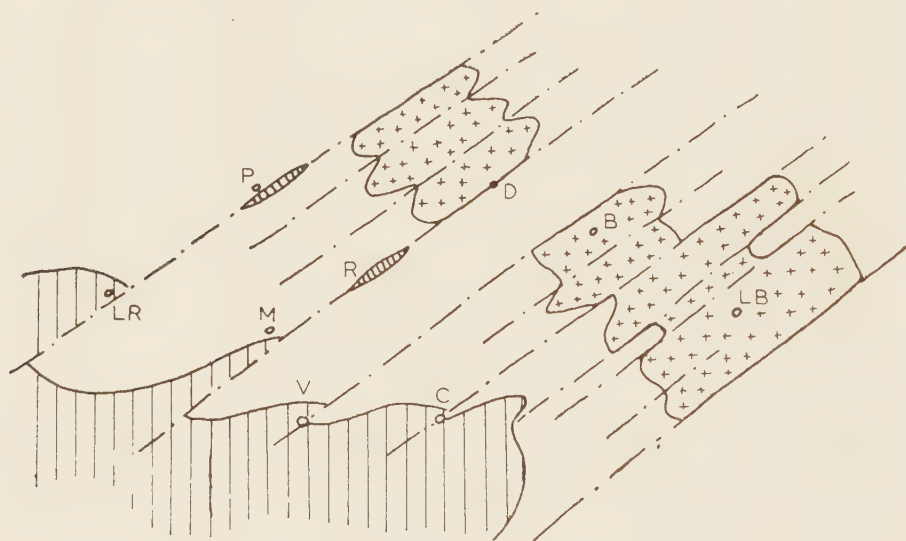


FIG. 88

Schéma structural de la région de Montbelleux.

Les batholites de Dompierre, la Beugerie appartiennent au premier plissement Nord 50° Est comme le montrent les filons de granite à mica blanc et d'aplite qui les accompagnent. Le fait ne peut être affirmé pour les petits pointements isolés, en particulier pour celui de Villeray. Le pointement de Montbelleux n'affleure pas, mais il est trahi par sa chevelure de filons de granite à mica blanc dont l'orientation permet de rattacher le gise-

ment au plissement Nord 45 - 50° Est. Il appartient au flanc Nord-Ouest de l'anticlinal auquel se rattache le batholite de Dompierre.

La montée des anticlinaux Nord 70° Est a haché toute la zone et on peut facilement relier à des faits structuraux toutes les failles indiquées par le synclinal.

La faille de la Roche qui est pentée au Sud-Est limite le batholite de Dompierre au Nord-Ouest. Le filon de microgranite de Parcé s'est mis en place dans sa fracture.

La faille de Montreuil limite le même batholite au Sud-Est ; dans sa fracture s'est mis en place le filon de microgranite du Ray.

La faille de la Verdrie limite le batholithe de Bercey au Nord-Ouest.

La faille de Châtillon sépare le batholite de Bercey du batholite de la Beugerie. Cette faille pend au Nord-Ouest et on peut considérer que le batholite de Bercey est un pan rejeté au Nord-Ouest du batholite de la Beugerie.

De nombreuses failles secondaires se rencontrent et créent les pseudopodes des batholites qui sont en réalité des indentations sur failles.

Les filons de quartz laiteux qui accompagnent les microgranites et qui sont orientés Nord 60 - 70° Est appartiennent donc à la même phase qu'eux, c'est-à-dire à celle de la mise en place des granites des grands anticlinaux.

Il est plus difficile de dater les gros filons de quartz. Plusieurs constatations poussent à situer leur formation à la fin du premier plissement Nord 50° Est. Ce sont :

- l'orientation est Nord 40 à 50° Est,
- le grand filon du Saut Roland flanque l'anticlinal de la Beugerie,
- ce même filon est recoupé par la faille de la Verdrie ; l'énorme entaille formée à cet endroit est un lieu touristique connu sous le nom de Saut Roland,
- il paraît également coupé par les failles de Châtillon, de Montreuil et de la Roche,
- il est flanqué de petits pointements granitiques qui, au cours de la mise en place des anticlinaux Nord 70° Est, auraient pu mettre sa cassure à profit pour s'élever.

Mais aucun de ces faits ne constitue un critère définitif. Les ruptures aux failles, par exemple, peuvent provenir de rejeux plus récents.

---





CARTE GEOLOGIQUE  
de la CONCESSION de MONTBELLEUX

schistes briovériens
  granite

s.b. métamorphisés
  microgranite

filon de quartz

0 0,5 km

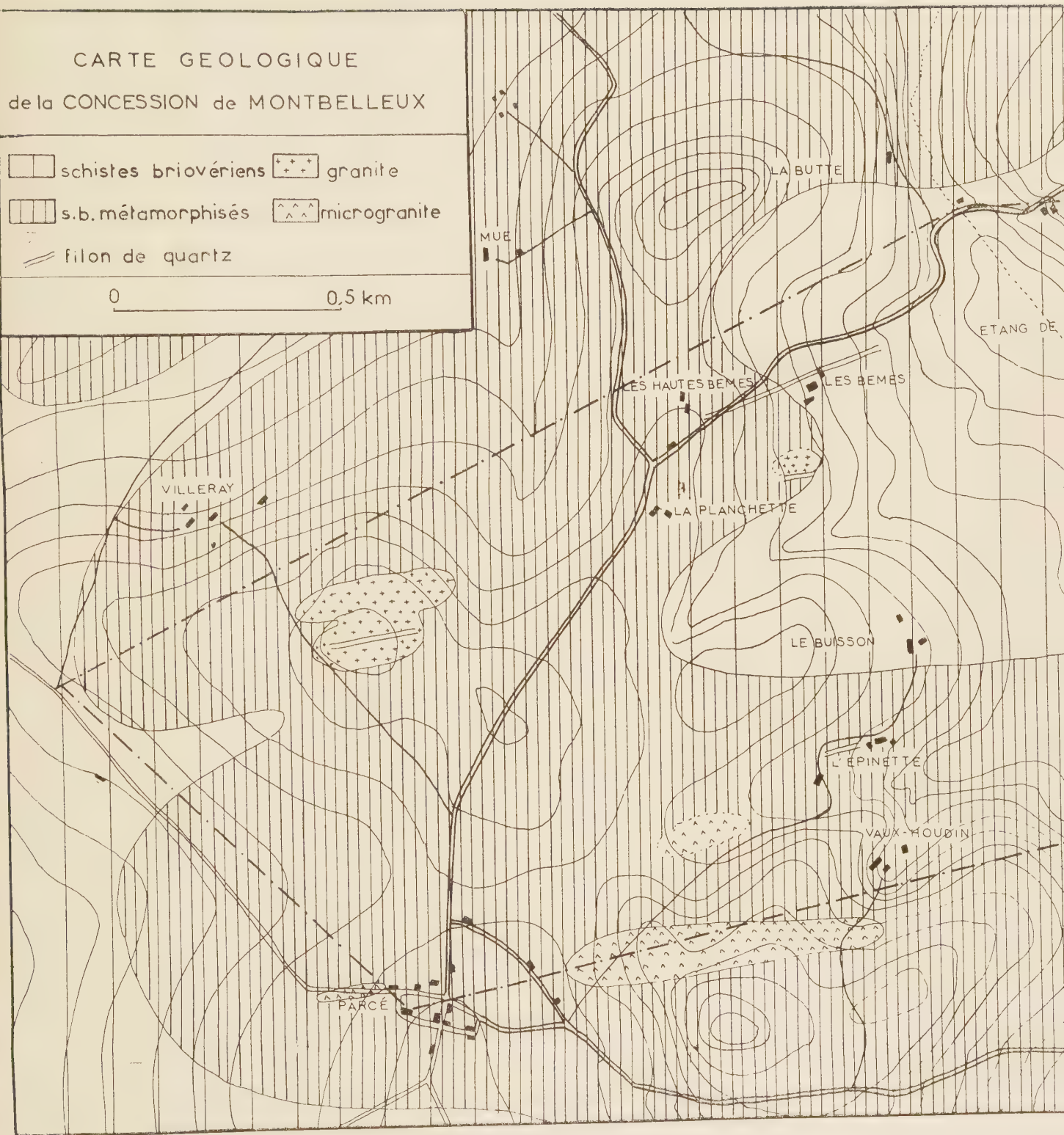


FIG. 89

Carte géologique de la concession de Montbelleux



## CHAPITRE II

# ÉTUDE DE LA CONCESSION DE MONBELLEUX

---

### A) LE CADRE

La concession de Montbelleux, d'une forme hexagonale irrégulière de 4,5 km de long sur 1,25 km de large, s'allonge en direction du Nord-Est (fig. 89). Un golfe de schistes non métamorphiques, s'étalant autour de l'étang de Mué et du thalweg qui l'alimente, sépare les deux buttes qui la composent : à l'Est, la butte de Montbelleux ; à l'Ouest, la butte de Villeray. Deux autres buttes la flanquent : celle de Mué au Nord, celle de Parcé au Sud.

### B) LA BUTTE DE PARCE

Son point culminant est formé de schistes très métamorphiques. Cependant, aucun pointement de roches éruptives n'y apparaît. Seul, sur son flanc Nord, s'allonge un dyke de microgranite qui affleure à l'Est de Parcé et semble s'étendre jusqu'à la longitude de Vaux-Houdin. Sur le prolongement de ce dyke, apparaît, à l'Ouest, un filon de microgranite qui affleure à l'Ouest de Parcé ; à 500 m à l'Est, une zone riche en roulants de microgranite laisse supposer que le filon se prolonge dans cette direction.

Le flanc Ouest de la butte a donné quelques roulants de quartz minéralisés en mispickel et en wolframite.

A l'Ouest de la ferme de l'Epinette, une route récente a mis à jour un faisceau de filonnets quartzeux. Quelques roulants de quartz proches ont montré de la molybdénite et de la cassitérite.

### C) LA BUTTE DE MUE

Le sommet de cette butte est également formé de schistes très métamorphiques. Quelques roulants de granite et de quartz minéralisé en wolframite ont été trouvés, sans qu'il ait été possible de déterminer leur origine.

### D) LA BUTTE DE VILLERAY

Cette butte comporte d'abord, à 1 km au Nord-Est de Villeray, au lieudit les Bêmes, deux filons de quartz et un groupement de roulants de granite qui n'ont donné aucun indice minéralisé.



La zone la plus intéressante de la butte est constituée par le secteur minéralisé de Villeray.

Le secteur de Villeray est situé à l'extrémité Ouest de la concession à 2,75 km en ligne droite de Montbelleux et à 0,45 km au Sud-Est du hameau de Villeray. Au sommet d'une butte, un pointement de granite aplitique a été, autrefois, exploité pour les besoins locaux en pierre à bâtir. Dans la partie Sud des carrières, l'abondance des quartz

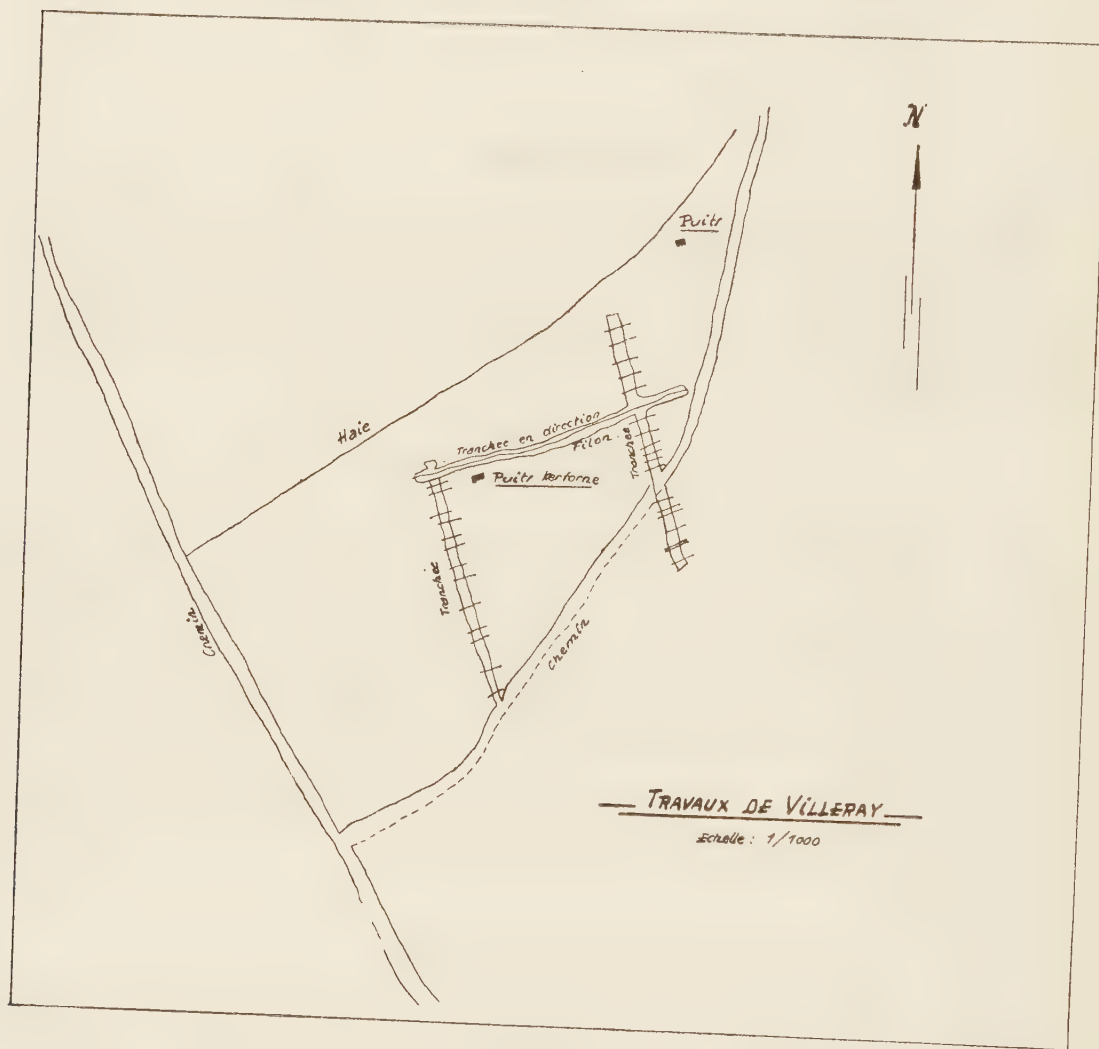


FIG. 90  
Plan des travaux de Villeray.

minéralisés incita KERFORNE à creuser, au début de ce siècle, des tranchées qui mirent à jour un faisceau filonien (fig. 90). Ce faisceau, large de 80 mètres, se compose de vingt-six filonnets. On peut remarquer, sur les schémas de KERFORNE (fig. 91), que :

- 12 filonnets ont une puissance supérieure à 10 cm ;
- 3 filonnets ont une puissance supérieure à 15 cm.



D'autre part, KERFORNE précise que :

- 14 filonnets sont minéralisés en wolframite dont quatre fortement ;
- la minéralisation est constante dans les filonnets correspondants des deux tranchées espacées de 60 mètres.

Une tranchée en direction a suivi sur 75 m les deux filons minéralisés dont la puissance est de 15 à 20 cm. On ignore les résultats d'un petit puits creusé à proximité (fig. 90).

La paragenèse du gisement serait : wolframite, molybdénite, bismuth, bismuthinite, covellite, malachite, blende, mispickel, pyrite, fluorine. On n'y a jamais trouvé de cassitérite.

En prospectant le dôme qui poursuit le faisceau filonien à ses deux extrémités, on rencontre : vers l'Est, des roulants de quartz sur une distance de 400 mètres ; vers l'Ouest, des roulants de quartz minéralisés en wolframite, sur une distance de 300 mètres.

L'analogie entre les gisements de Villeray et de Montbelleux est frappante. Seules diffèrent :

- la nature de la roche : granite à mica blanc à Montbelleux, granite aplitique à mica blanc à Villeray ;
- l'orientation et le pendage des filons qui, orientés Nord 50° Est et pentés vers le Nord à Montbelleux, sont orientés Nord 80° Est et pentés vers le Sud à Villeray. Il faut, cependant, signaler ici qu'un faisceau de direction et de pendage analogues à celui de Villeray recoupe le faisceau de Montbelleux.

Tous ces faits soulignent l'intérêt qu'il y aurait à reconnaître le faisceau filonien de Villeray en dehors du granite et en profondeur.

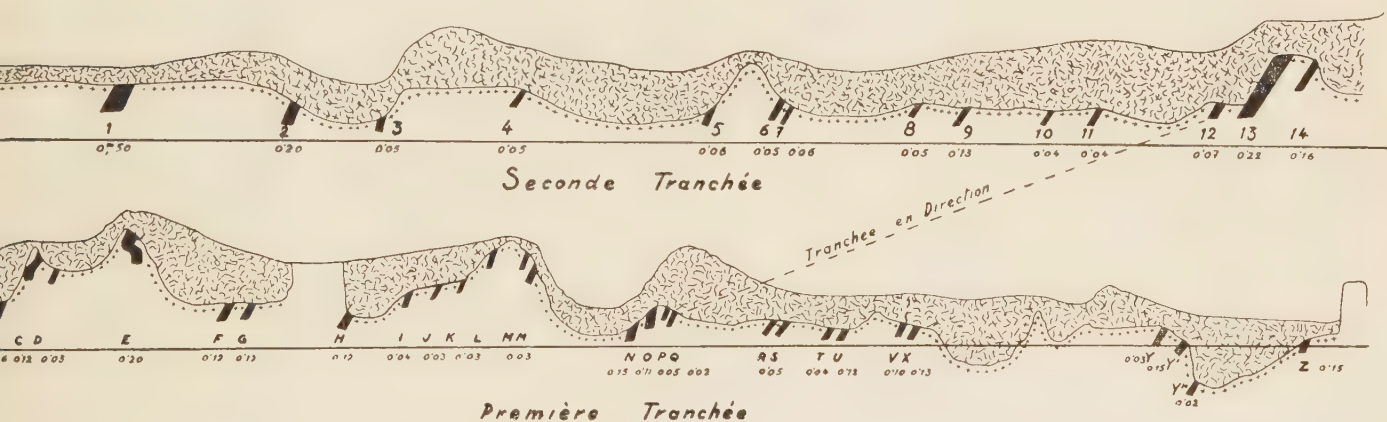


FIG. 91

Coupe des tranchées de Villeray d'après KERFORNE.

Le programme de recherche pourrait comporter des travaux de surface destinés à délimiter la zone filonienne, et des travaux souterrains destinés à l'évaluer.

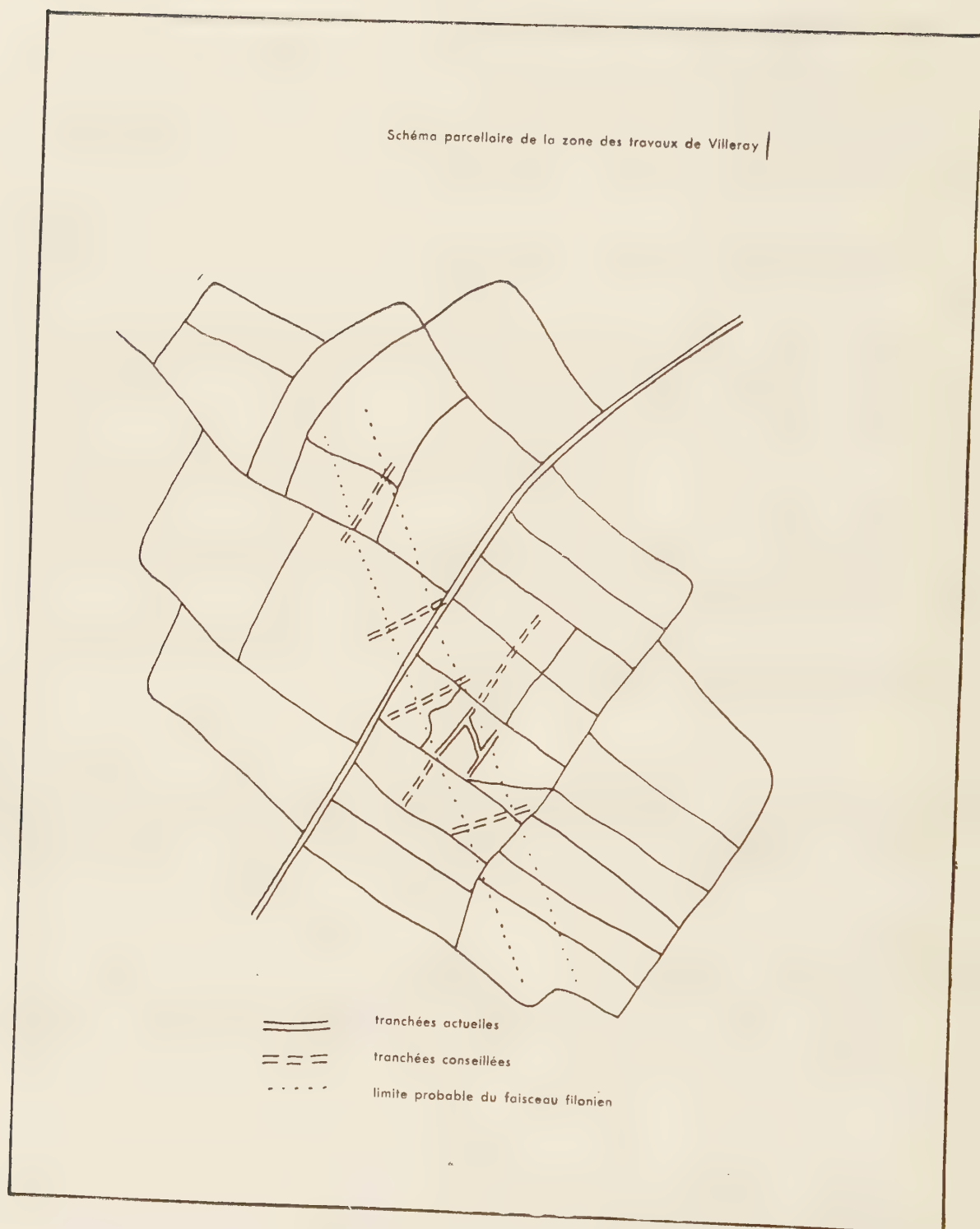


FIG. 92  
Schéma parcellaire de la zone des travaux de Villeray.

## TRAVAUX DE RECHERCHES (fig. 92).

Pour délimiter en surface le faisceau filonien, il faut :

— poursuivre les tranchées actuelles vers le Nord et vers le Sud afin d'évaluer la largeur du faisceau ;

— pour évaluer la longueur, creuser des tranchées perpendiculaires à la direction filonienne, à l'Est et à l'Ouest, aux emplacements indiqués sur la figure.

Pour explorer le gisement en profondeur, il faudra foncer un puits d'une quinzaine de mètres en un point que les résultats des tranchées permettront de situer. A priori le point le plus favorable paraît se trouver à l'intérieur du champ qui sépare les carrières du chemin d'exploitation. A partir de ce puits, un travers-banc perpendiculaire aux filons recouperait le faisceau. Aux intersections avec les filons, des amorces de galeries en direction permettraient d'évaluer les puissances et la minéralisation.

**E) LA BUTTE DE MONTBELLEUX**

La partie Est de la concession est entièrement occupée par la butte de Montbelleux, vaste ovale orienté au Nord-Est, dont le grand axe mesure 2.500 mètres et le petit 1.500.

Le point culminant, à la cote 168, est schisteux. Au Sud-Ouest apparaît un pointement granitique suivi d'un faisceau filonien qui constitue le gisement exploité.

A 100 mètres au Nord du pointement, un groupement de roulants de granite et de quartz massif laisse supposer l'existence d'un second pointement accompagné d'un filon de quartz important.

Au Nord, le chemin qui mène à la Saudraie recoupe trois passées granitiques auxquelles sont liés trois passages filoniens quartzeux de quelques centimètres de puissance. Le passage situé le plus au Nord montre un peu de wolframite. Des roulants de granite situés à 150 mètres au Nord-Est et à 300 mètres au Sud-Ouest font conclure que les filons de granite sont assez bien marqués et orientés au Nord-Est.

Au Sud, sur le chemin de Villeneuve, d'énormes roulants de quartz laiteux indiquent certainement le passage d'un gros filon. Près de la ferme de Haut-Montbelleux, un filon de quartz non minéralisé de 0,20 m de puissance, orienté au Nord-Est, apparaît sur le flanc du chemin.

Le pointement, qui recèle le gisement de Montbelleux, va maintenant faire l'objet d'une étude particulière.

---









## CHAPITRE III

# ÉTUDE DU GISEMENT DE MONTBELLEUX

---

On peut diviser le gisement de Montbelleux en trois parties :

- la partie Ouest qui a fait l'objet des travaux d'exploitation ;
- la partie centrale sur laquelle quelques travaux de recherche ont été effectués par les anciens ;
- les zones limitrophes non encore reconnues.

## I. — *Etude de la mine*

### A) DESCRIPTION D'ENSEMBLE DU GISEMENT EXPLOITÉ

Le dénoyage de la mine a permis d'effectuer un levé topographique précis des travaux accessibles. Les travaux inaccessibles ont été ensuite raccordés suivant les indications fournies par quelques schémas trouvés dans les archives. Une reconstitution a été ainsi réalisée qui a montré l'allure globale du gisement (fig. 93).

Par la suite, un report minutieux sur un plan de 1/200<sup>e</sup> de tous les faits structuraux, pétrographiques et minéralogiques, a permis de faire du gisement une reconstitution précise qui a servi de base à l'étude qui va suivre.

Cette étude s'est proposée deux buts :

1° Définir la nature et l'allure du gisement de façon à pouvoir en déduire les extensions possibles et établir un programme de travaux de recherches ;

2° Elucider toutes les particularités structurales de façon à établir des lois pratiques qui permettent :

- dans un avenir immédiat de reprendre avec succès tous les avancements actuellement arrêtés sur un accident structural ;
- dans un avenir plus lointain, de passer avec succès tous les accidents structuraux rencontrés au cours de l'exploitation.

Les travaux miniers sont descendus à une profondeur de 125 mètres en quatre étapes qui ont constitué quatre niveaux successifs à partir desquels les travaux de reconnaissance et d'exploitation se sont étendus :

- le premier niveau à 27 mètres est exploité ;
- le deuxième niveau à 62 mètres est en exploitation ;

- le troisième niveau à 97 mètres est en exploitation et traçage ;
- le quatrième niveau à 125 mètres est simplement amorcé.

Un réseau filonien a été suivi sur 450 mètres en direction. Il est encaissé dans les schistes et aboutit à son extrémité Est à un pointement granitique. Ce réseau se compose :

— d'un faisceau principal large de 80 mètres qui comprend, du Nord au Sud, cinq filons : le filon un, le filon quatre, le Nouveau filon, le filon Alice et le filon Fernand. Il est flanqué, à 55 mètres au Sud, d'un filon isolé, le filon Sainte-Barbe. Le faisceau est orienté Nord 50° Est. Son pendage moyen est 70° Nord-Ouest. Il comprend tous les filons exploités ;

— d'un faisceau secondaire recoupant le précédent et comprenant de multiples filonets. Son orientation est Nord 80° Est et son pendage 70° Sud. Il est inexploitable dans la zone explorée par les travaux miniers actuels.

## B) LES SYSTEMES DE FAILLES (Fig. 93).

L'étude du plan reconstitué ainsi que l'examen des travaux du fond ont permis de déceler deux systèmes de failles postérieurs à la formation des filons. Pour aboutir au tracé de ces failles, leurs passages dans les travaux du deuxième et troisième niveaux, ont été relevés et raccordés sur le plan. Il a été ensuite recherché si l'extrapolation de chaque faille au premier niveau correspondait sur le plan ancien à des déviations de galeries marquant des recherches de filon après faille. Quatre failles ont pu être ainsi tracées, dont le rejet horizontal n'excède jamais quelques mètres.

Deux de ces failles appartiennent à un système de direction Nord 60-80° Ouest et de pendage Sud, ce sont les failles A et D. En plan leur rejet est direct, c'est-à-dire que suivant la direction du traçage, le filon est à rechercher au Sud quand on vient de l'Ouest et au Nord quand on vient de l'Est.

Les deux autres failles correspondent à un système de direction Nord 20-30° Ouest et de pendage Est, ce sont les failles B et C. En plan leur rejet est inverse pour la faille B, direct pour la faille C. Pour toutes deux le rejet est à rechercher au Sud quand on vient de l'Ouest, au Nord quand on vient de l'Est.

## C) LE FAISCEAU FILONNIEN

### 1° La fracturation.

Les cinq filons cités dans le premier faisceau représentent les cassures principales ; en fait, de nombreux filonnets satellites apparaissent sur les parements des travers-bancs ou sur les fronts des dépilages. L'ensemble forme des zones de fracturations de deux à cinq mètres de large, dans lesquelles filons et filonnets sont plus ou moins denses. Chaque zone se rapporte à un filon.

La figure 94 montre un croquis précis effectué à travers une zone filonienne. Les différentes reconstitutions, qui éliminent à chaque fois un système filonien, démontrent qu'en réalité on peut analyser l'écheveau de cassures et démontrer que plusieurs fracturations se sont succédées. L'examen et l'analyse de nombreux croquis de ce genre et aussi de photos ont abouti aux conclusions suivantes :



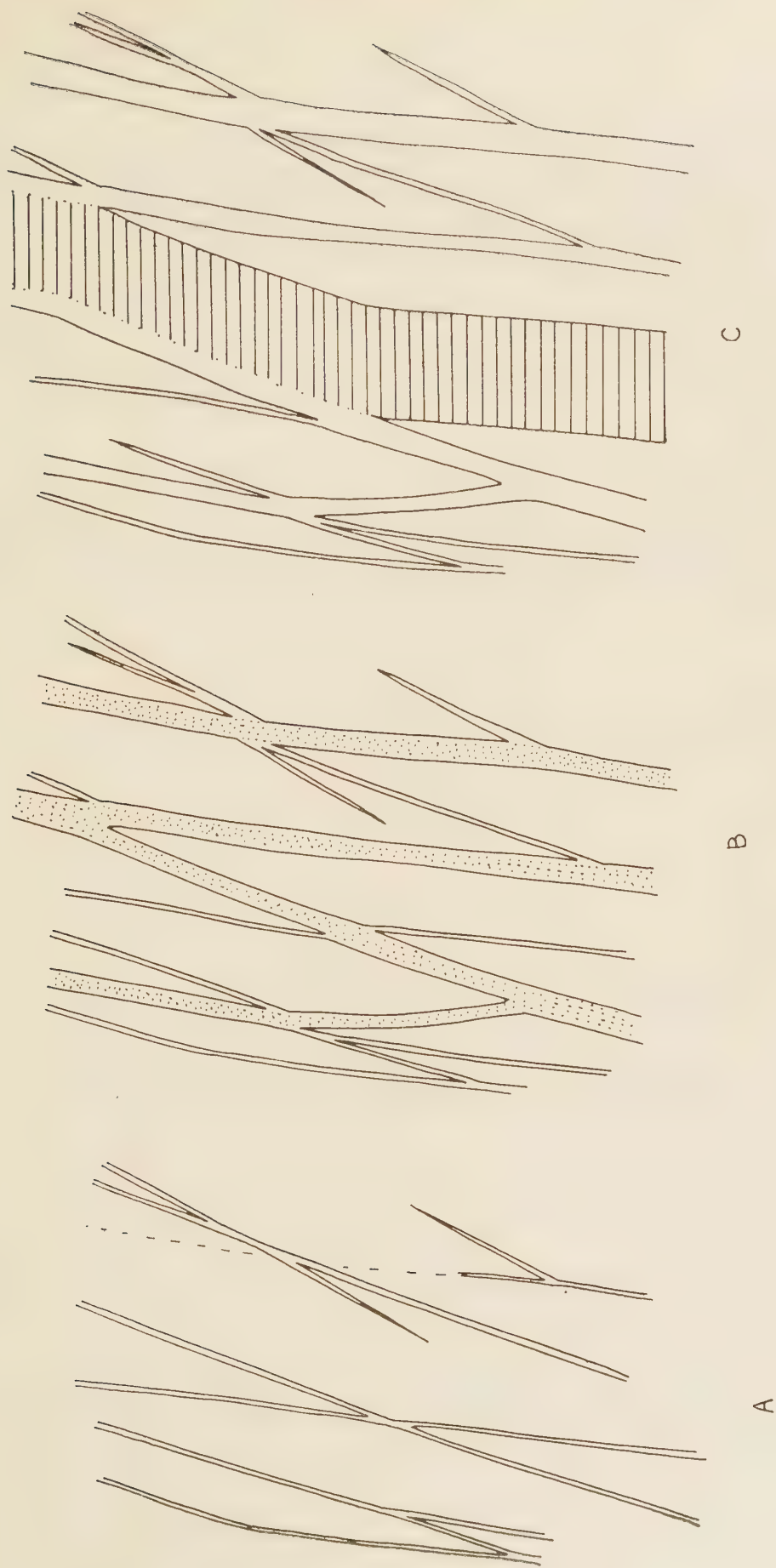


Fig. 94

Filon Fernand 2° niveau Ouest. Décomposition du réseau filonien en trois temps successifs de fracturation et mise en place du quartz.

— Plusieurs fracturations successives se sont superposées. Les premières ont fourni un entrelacs de filonnets anastomosés de façon assez lâche. Les suivantes, empruntant parfois le cours de certaines fractures précédentes, ont épuré ce schéma et tendu vers l'inscription d'un simple plan. Les premières fracturations ont formé des filonnets de quelques millimètres à quelques centimètres de puissance ; la dernière a formé des filons puissants de quelques décimètres.

— Cette superposition des fracturations successives fait qu'en bien des points le filon principal est accompagné de filonnets satellites représentant les fracturations antérieures, et que, empruntant parfois leurs cours, il s'est soumis à leurs irrégularités et montre, en certains points, des sinuosités et des digitations (fig. 95).

## 2° Allure des filons.

Bien que l'allure filonienne moyenne puisse être représentée par un plan, on remarque souvent des anomalies que j'ai appelées « relais ». Un relais simple se présente de la façon suivante : à un endroit donné le filon s'amenuise peu à peu et disparaît ; mais il est relayé latéralement, à une distance plus ou moins grande, par un filonnet qui augmente régulièrement de puissance et reconstitue, au-delà du relais, le filon principal.

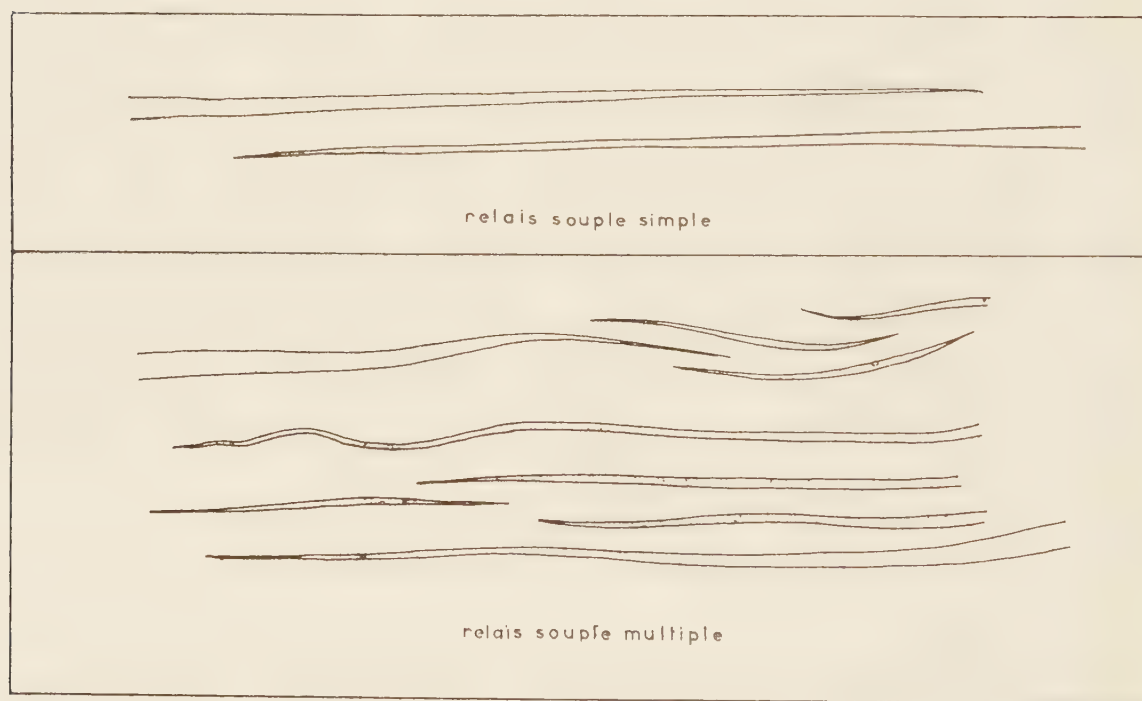


FIG. 96

Schémas d'un relais souple simple et d'un relais souple multiple.

J'ai classé ces relais en trois catégories :

a) le relais souple simple, qui correspond à la description précédente et qui est représenté par la figure 96 a ;

Trace du filon Fernand sur le plan du 2e



Trace du filon Fernand sur un plan parallèle

eau

échelle 1/50e



même niveau et situé à 15 mètres en amont.



b) le relais souple multiple, qui se complique de nombreux filonnets et qui constitue un éparpillement local du filon (fig. 96 b) ;

c) le relais fracturé, où le passage du filon à son relais s'effectue par des branches anguleuses et zigzagantes (fig. 97).

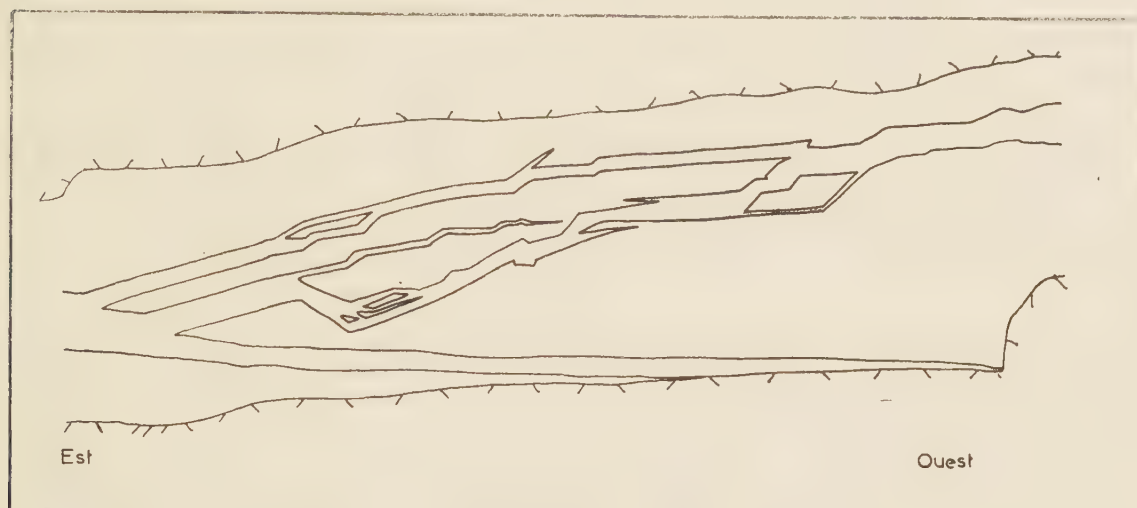


FIG. 97  
Schéma d'un relais fracturé.

La rencontre d'un relais peut provoquer des erreurs de plusieurs types :

— il peut provoquer l'abandon d'un traçage. Dans le cas du relais souple simple le traçage suit un filon qui s'amincit peu à peu et devient inexploitable. Dans le cas des autres relais, le filon s'éparpille et devient inexploitable ;

— il peut faire sous-estimer un filon recoupé par un travers-banc. Le filon recoupé dans un relais se manifeste dans la galerie par deux ou plusieurs filonnets peu puissants et espacés dont l'ensemble est alors jugé inexploitable ;

— il peut causer l'abandon d'un défilage pour les mêmes causes.

On verra dans l'étude détaillée qui va suivre combien cette notion s'est montrée féconde ; à sa lumière de nombreux points particuliers de la mine ont pu être interprétés de façon différente de celle des anciens, et la possibilité qui en a découlé de reprendre les avancements a beaucoup changé la physionomie de la mine.

### 3° Coupe du faisceau filonien.

Pour étudier maintenant la fracturation de l'ensemble du gisement, une coupe verticale perpendiculaire au faisceau filonien et passant par le puits Neuf a été tracée ainsi que le montre la figure 98. Sur cette coupe ont été reportés tous les points d'intersection des travers-bancs avec les passées filoniennes. Ces points ont ensuite été reliés.

Cette coupe permet de remarquer que tous les tronçons filoniens peuvent être rattachés à trois systèmes principaux qui sont :

- un système de pendage 75° Nord
- un système de pendage 85° Nord
- un système de pendage subvertical légèrement inversé vers le Sud.

Quatre filons ont une allure simple et relativement régulière ; ce sont :

- le filon Sainte-Barbe qui procède d'une cassure de pendage  $75^\circ$
- le nouveau filon qui, très régulier, procède également d'une cassure à  $75^\circ$
- le filon 4 qui pend à  $75^\circ$  entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>e</sup> niveaux, puis à  $85^\circ$  entre le 2<sup>e</sup> et le 3<sup>e</sup> niveaux
- le filon 1 qui pend à  $85^\circ$  entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>e</sup> niveaux et à  $75^\circ$  entre le 2<sup>e</sup> et le 3<sup>e</sup> niveaux.

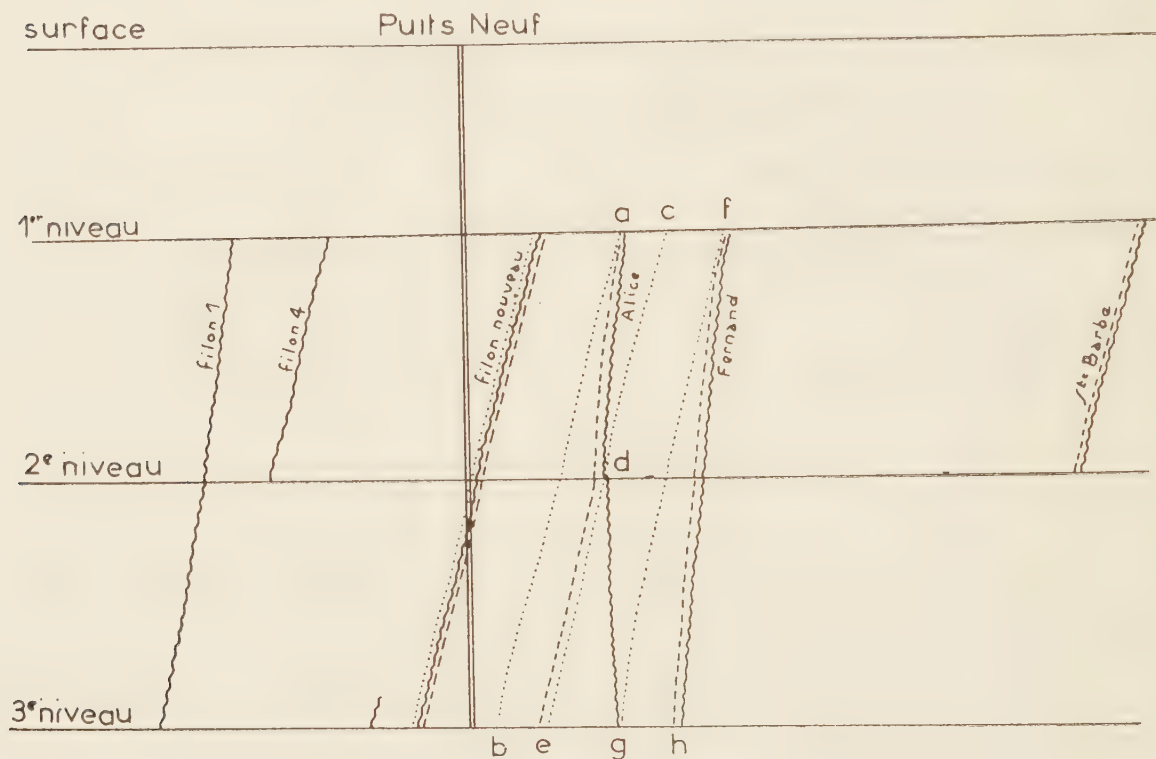


FIG. 98

Coupe perpendiculaire au faisceau filonien montrant l'allure des différentes fracturations.

Par contre, le réseau de fracturation dessiné par les filons Alice et Fernand apparaît plus complexe.

De ce réseau on peut rattacher :

- au 1<sup>er</sup> système les cassures a - b, c - e, f - g,
- au 2<sup>e</sup> système les cassures a - d, f - h,
- au 3<sup>e</sup> système la cassure d - g.

On a vu que la formation des filons s'était effectuée par fracturations successives provoquant la mise en place de filons de plus en plus puissants. En considérant trois fracturations principales, la mise en place des filons puissants et exploitables s'étant effectuée au 3<sup>e</sup> temps, il a été possible, en analysant tous les filonnets, d'établir la figure 98 qui représente la façon dont se sont inscrites les fracturations successives.

Pour les filons Sainte-Barbe et Nouveau, les trois fracturations successives ont dû emprunter le même plan.

Pour les filons Alice et Fernand, on peut admettre le mécanisme de formation suivant :

— au cours d'un premier temps sont formées les cassures a - b, c - e, f - g, selon le système penté à 75°,

— au cours d'un second temps, les cassures a - d - e, et f - h. La première profite d'une cassure du premier système en d - e, mais crée une cassure du second système entre a et d. La seconde crée une cassure du second système entre f et h.

— au cours d'un troisième temps se mettent en place les filons exploitables, selon deux cassures : a - d - g et f - h. Le premier profite d'une cassure du second système entre a et d, mais crée une cassure du troisième système entre d et g. Le second profite d'une cassure du deuxième système entre f et h.

L'étude des intersections des filons ayant permis d'établir l'ordre chronologique de formation des trois types de filons, on peut dire que les trois systèmes de fracturation, de pendage respectif 75°, 85° et vertical se sont succédés dans le temps. On assiste donc ici à une rotation du plan de fracturation autour d'un axe représenté par la direction Nord 50° Est des filons. Les variations de pendage des filons un et quatre doivent procéder du même mécanisme ; il n'a pas été possible de le démontrer, l'accès au premier niveau étant impossible et les tracés au deuxième niveau ne correspondant pas à la coupe.

En conclusion, si l'on considère le faisceau principal, on voit qu'en ce qui concerne le filon central, Nouveau filon, l'inscription a été nette, les fracturations successives se succédant dans le même plan. En ce qui concerne les deux couples de filons latéraux, l'inscription est moins nette et les fracturations successives ont emprunté des plans parfois différents.

Le filon Sainte-Barbe, isolé au Sud, paraît avoir profité des mêmes conditions que le Nouveau filon.

D'un simple point de vue mécanique, on peut en conclure également que des filons formés par des fracturations successives se répétant dans le même plan doivent être mieux formés, plus réguliers et surtout plus importants que les autres. Il faut donc s'attendre à ce que les cassures des filons Nouveau et Sainte-Barbe soient les plus étendus en direction et en profondeur.

#### 4° Etude des filons en direction.

L'étude des filons en direction, c'est-à-dire l'étude de leur trace sur les plans horizontaux que constituent les différents niveaux, se heurte à certaines difficultés. En premier lieu les données sur le premier niveau manquent. Ensuite et surtout, l'examen des divers avancements et des divers tracés a montré qu'en de nombreux points les prédécesseurs avaient interprété, de façon erronée, certains filons, certains rejets, certaines diminutions de puissance et certaines recherches après failles. Il paraît donc indispensable ici, avant de passer à l'interprétation globale du gisement, de considérer chaque filon séparément et d'exposer les problèmes que posent leurs avancements et les solutions qui ont été proposées. Comme, au moment où est rédigée cette étude, de nombreux travaux indiqués ont été effectués, il a semblé intéressant d'en faire connaître les résultats et parfois même les problèmes nouveaux qui ont été soulevés (fig. 93).

## a) LE FILON UN.

## 1) AU PREMIER NIVEAU :

Ce filon a été tracé sur 180 mètres. On ignore totalement ses caractéristiques, les galeries étant inaccessibles.

α) *Avancement Est.* D'après les plans reconstitués, il rencontrerait à son extrémité Est les failles D et C. Cet avancement Est tourne au Sud, après les failles, à la recherche du filon. L'effet conjugué des failles a pu causer la perte du filon par les mineurs et l'abandon du traçage.

β) *Avancement Ouest.* Cet avancement dépasserait de peu la faille B au-delà de laquelle il ne semble pas que le filon ait été suivi. Le fait qu'au second niveau le traçage dépasse de plus de 30 mètres celui du premier niveau indiquerait cependant que le filon

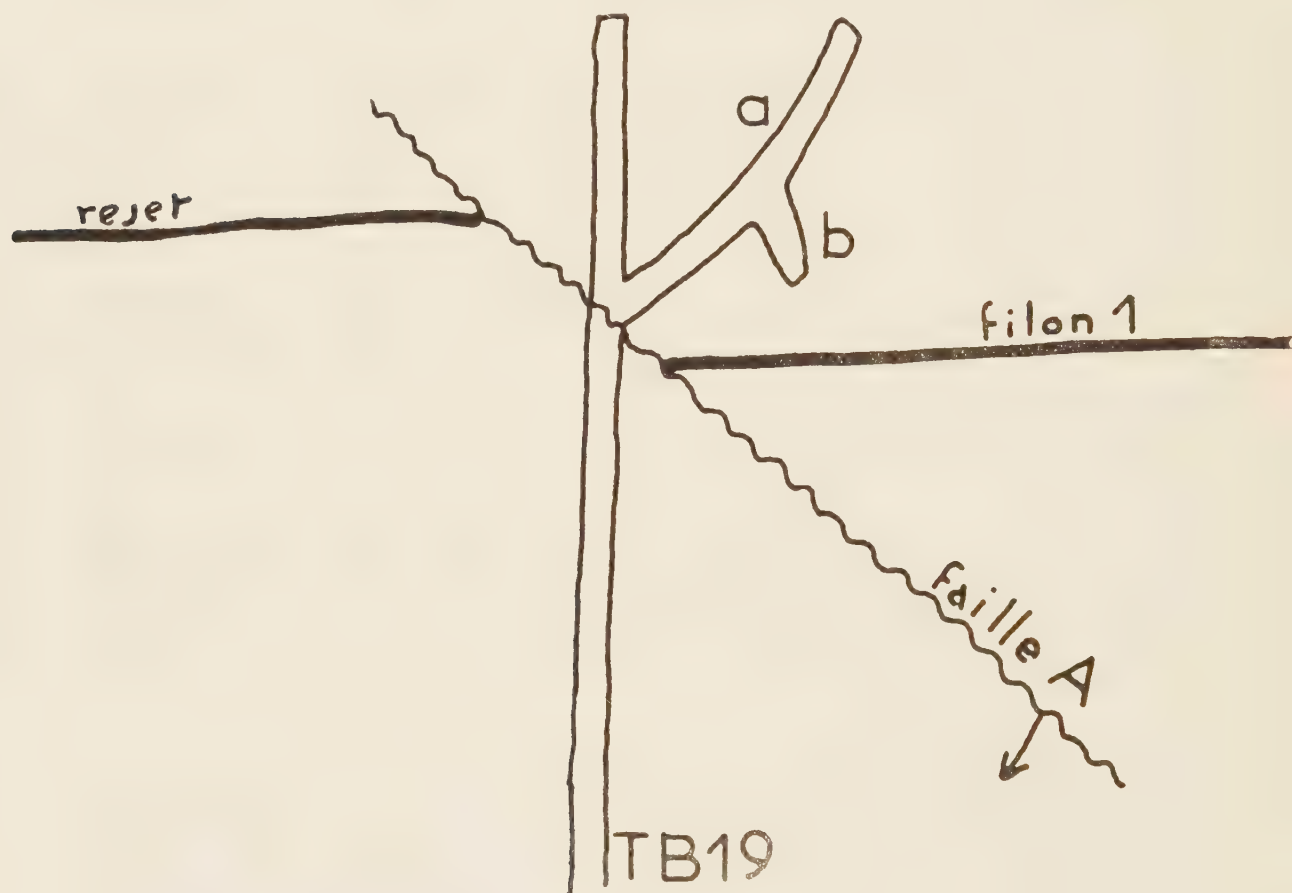


FIG. 99

Recherche du filon 1 par le T B 19 au premier niveau.

serait exploitable sur une distance plus grande. Le travers-banc 19, situé à 90 mètres à l'Ouest de l'avancement, a dû tenter de recouper sa trace. Il n'est pas certain qu'il y ait réussi comme l'indiquent les recoups obliques a et b (fig. 99). L'explication de cet échec

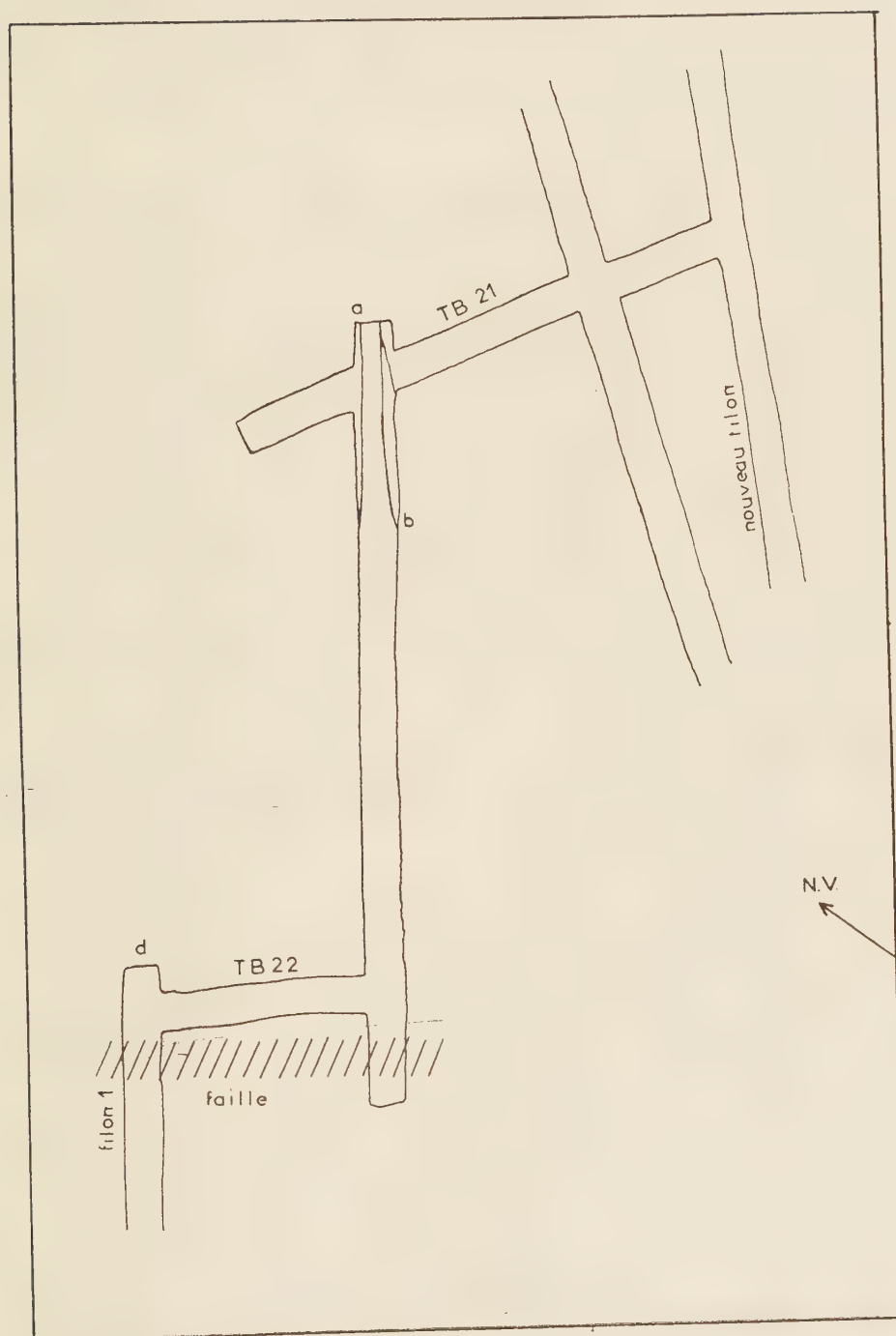


FIG. 100

Plan du traçage Est du filon 1, deuxième niveau.



est peut-être la suivante : si l'on prolonge la faille A et le filon un on voit que le rejet de la faille qui est direct se situe au passage du travers-banc et il est probable que celui-ci a traversé la faille dans le rejet. L'exploitant paraît s'être aperçu de cette éventualité ; l'explication la plus plausible que l'on puisse donner en effet à l'allure des deux recoupes de l'extrémité du T B est la recherche du filon à l'arrière de la faille.

## 2) AU DEUXIÈME NIVEAU :

Le filon a été tracé sur 160 mètres. Dans la partie comprise entre les deux failles B et D sur 100 mètres de longueur, le filon est assez régulier ; il ne présente que quelques relais et quelques éparpillements.

α) *Avancement Est.* A l'avancement Est, la galerie butte sur la faille D. Prolongée de quelques mètres, elle n'a pas rencontré le filon. La figure 100 représente cette zone. On y voit que le travers-banc 21, poussé à partir du nouveau filon, a rencontré un filon qu'un traçage a suivi pendant 30 mètres vers l'Ouest. A la rencontre de la faille D, le travers-banc 22 rejoint le filon un. Il est possible que l'on ait cru jusqu'ici que le filon auquel abouti le travers-banc 21 est le filon un rejeté d'une dizaine de mètres au Sud par la faille D. Deux remarques éliminent cette possibilité :

1° la faille D ne rejette que faiblement au même niveau les autres filons qui ont cependant une direction et un pendage analogues au filon un ;

2° sur la coupe verticale perpendiculaire au faisceau filonien, le filon rencontré en premier correspond au filon quatre et non au filon un.

Pour retrouver le filon un, qu'il serait intéressant de tracer par la suite étant donnée sa puissance à l'Ouest de la faille D, il faut, soit pousser le traçage vers l'Est après la

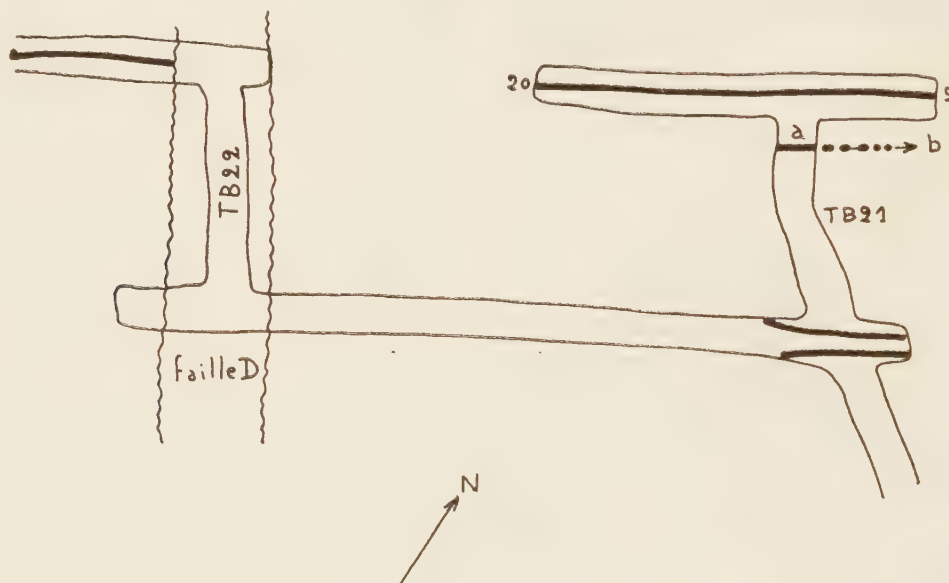


FIG. 101

Plan des travaux récents dans le prolongement Est du filon 1 (deuxième niveau).

faille, en d, soit poursuivre le travers-banc 21 vers le Nord en e. Cette seconde solution paraît préférable, elle permettrait une communication plus rapide avec le puits par le travers-banc 21 et le Nouveau filon.



Fig. 102  
Relais dans le filon 1.

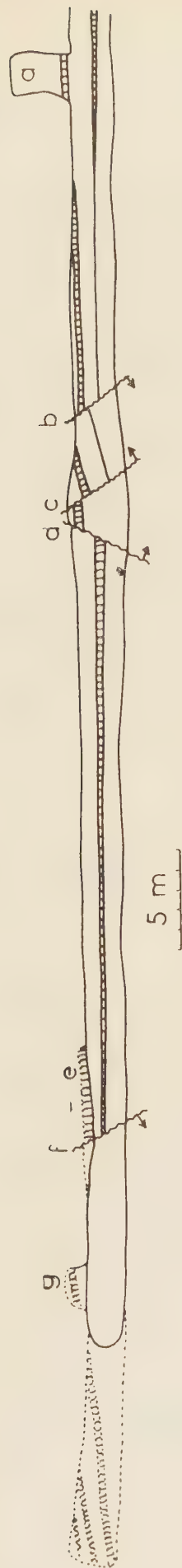


Fig. 103  
Prolongement de l'avancement Ouest du filon 1 (deuxième niveau).

*Résultats.* Ces résultats sont montrés par la figure 101. Le filon a été rencontré en poussant le travers-banc 21. Il est à l'heure actuelle en traçage vers l'Ouest et l'Est. Vers l'Est, le filon a rapidement diminué de puissance. Un examen du travers-banc 21 a montré en a un filonnet qui doit constituer le relais du filon vers l'Est. En effet, tous les relais du filon un sont imbriqués comme le montre la figure 102, soit, en allant vers l'Est, relais au Sud.

β) *Avancement Ouest.* A l'Ouest de la faille B, le traçage a été mal conduit. Après avoir, dès la traversée de la faille, tourné au Nord pour retrouver le filon, la galerie, avant d'avoir atteint ce dernier, a rencontré un filon satellite dans lequel elle a été poussée. Ce n'est qu'au bout de 18 mètres qu'une recoupe a (fig. 103) fait apparaître un filon de 20 cm au parement Nord. Quinze mètres plus loin, une double faille b c, de direction Nord 40° Ouest rejette le filon au parement Nord, puis une faille de direction Nord-Sud le ramène au centre de la galerie. Le filon s'amincit alors progressivement jusqu'à une faille f qui est traversée sans succès.

*Résultats :* Un décapage du parement Nord avant la faille f fait apparaître en e un filon de 20 cm. Ce filon est le relais de celui qui s'amincit au centre de la galerie. La faille f est du même système que la faille b qui rejette le filon au Nord. Le filon doit donc se trouver dans le parement Nord après la faille f. Un tir effectué en g révèle le filon. Comme son orientation le dirige vers l'axe de la galerie, celle-ci n'est pas déviée mais, prolongée, recoupe le filon au bout de quelques mètres.

## b) LE FILON QUATRE.

### 1) AU PREMIER NIVEAU :

Il a été tracé sur 120 mètres. Il ne paraît pas se poursuivre vers l'Ouest car le travers-banc 17 ne paraît pas avoir recoupé de passage filonien intéressant, les schémas ne mentionnant aucune amorce de galerie.

### 2) AU DEUXIÈME NIVEAU :

Comme cela a été montré précédemment (fig. 100), la galerie reliant le travers-banc 22 au travers-banc 21 paraît avoir suivi le filon 4. Un levé détaillé montre que si quelques filonnets se rencontrent dans cette galerie à son intersection avec le TB 21 et se poursuivent sur 6 m vers l'Ouest, le reste du traçage est au stérile jusqu'au TB 22.

La figure 104 montre l'allure des filonnets rencontrés. On se rend compte qu'il s'agit d'un relais dont la branche Nord, amincie à l'Ouest, augmente de puissance vers l'Est où elle a 20 cm en a au parement, et que la branche Sud, puissante à l'Ouest en b, s'amincit vers l'Est et s'accompagne d'un filonnet supplémentaire. Le traçage s'est donc dirigé vers l'Ouest en suivant les filonnets, puis a abandonné la branche Nord puis la branche Sud aux parements. La solution consiste ici : à suivre la branche Nord vers l'Est en se tenant au filonnet a qui doit augmenter de puissance, puis à reprendre la branche Sud en choisissant le filonnet b qui doit à son tour augmenter de puissance.

*Résultats :* La branche a a rapidement augmenté de puissance (fig. 105), est devenue un filon 4, de 30 cm et a été suivie sur 40 mètres. La branche Sud a été également suivie jusqu'à la faille D.

*Problème nouveau :* Il faut maintenant traverser la faille et retrouver le filon quatre pour le tracer vers l'Ouest, en c.

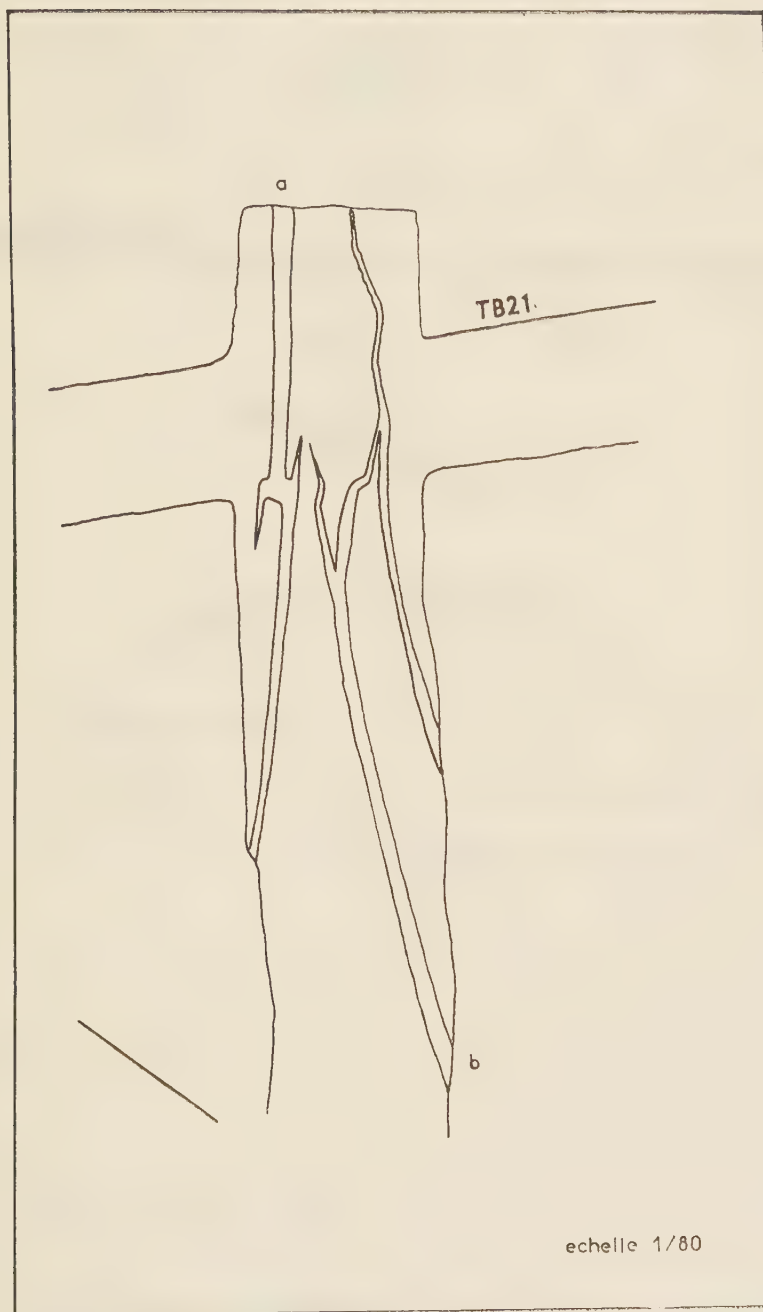


FIG. 104

Plan de l'avancement Est du filon 4 (deuxième niveau).

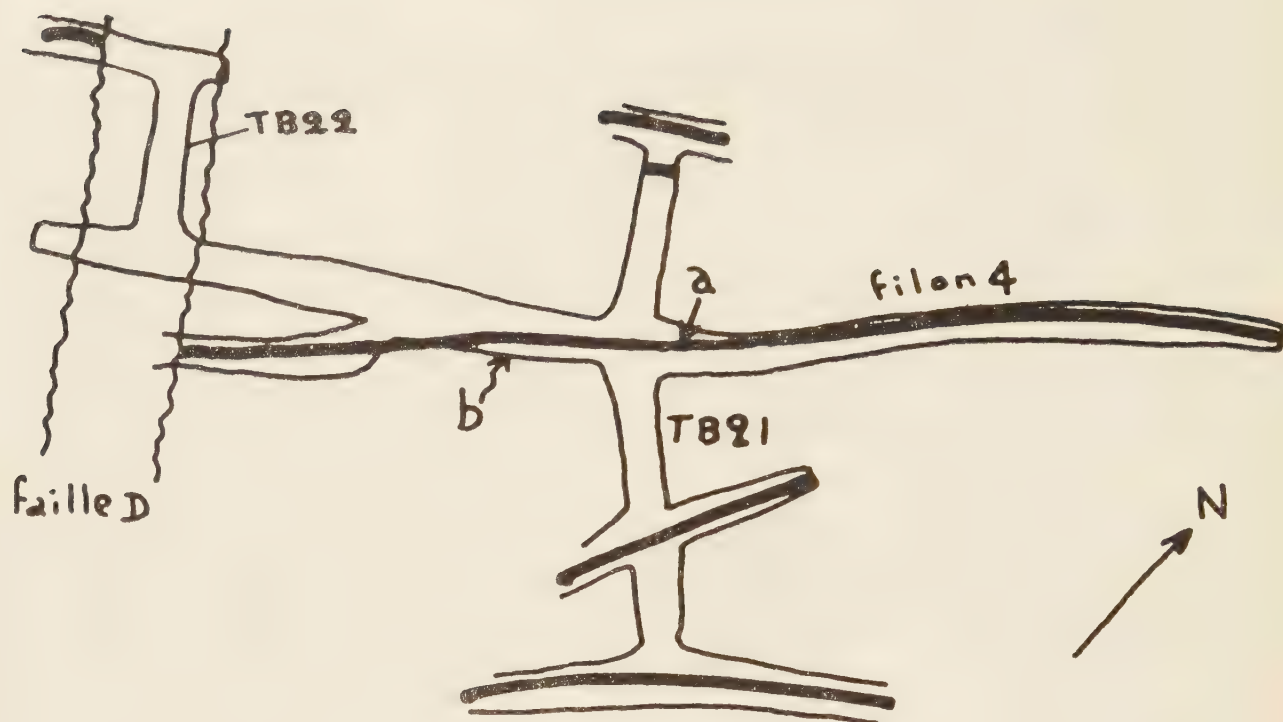


FIG. 105

Traçage du filon 4 avancement Est (deuxième niveau).

### c) NOUVEAU FILON.

Ce filon est situé à 40 mètres au Sud du filon un.

#### 1) AU PREMIER NIVEAU :

Il a été tracé vers l'Est jusqu'au pointement granulitique ; vers l'Ouest jusqu'à l'aplomb de l'ancienne laverie ; en tout sur une longueur de 510 mètres. On ignore tout de ses caractéristiques à ce niveau.

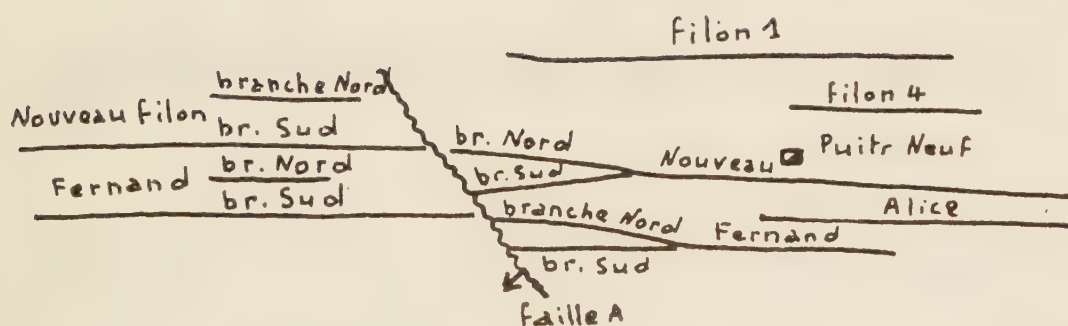
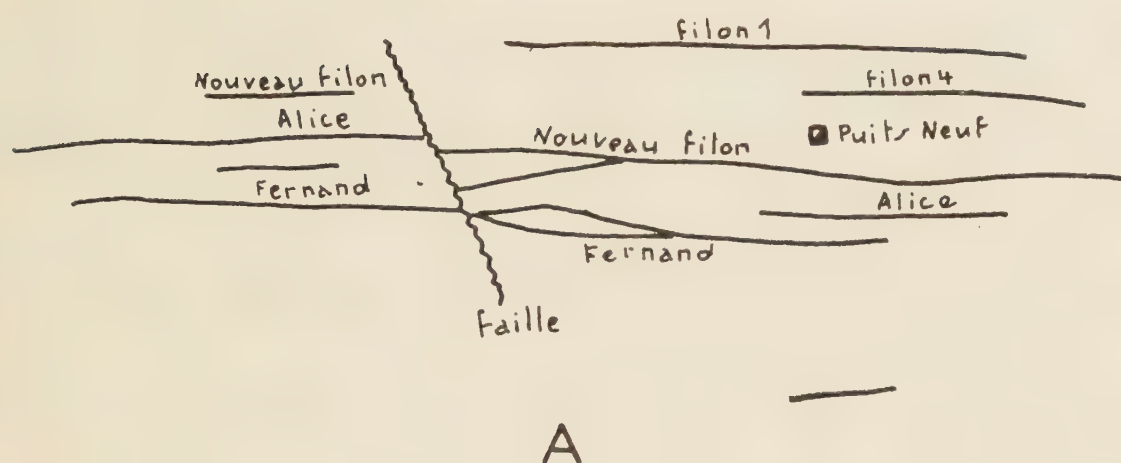
Les schémas anciens signalent dans le travers-banc 11, entre le filon 4 et le Nouveau filon, une passée exploitable qui ne paraît pas avoir été suivie. Ce fait laisse supposer que le Nouveau filon possède là une branche Nord.

Vers l'Ouest, à 45 mètres du puits neuf, le filon se divise en deux branches. La bretelle ainsi formée bute sur la faille B qui la rejette au Nord, puis sur la faille A qui la rejette également au Nord. Il semble donc bien que les deux tracés Nord compris entre la faille A et le travers-banc 19 représentent les deux branches du Nouveau filon et non, comme l'indiquent les anciens plans, le filon Alice et le Nouveau filon (fig. 106). Seule la branche Sud paraît avoir présenté de l'intérêt dans cette zone Ouest, alors que les deux branches paraissent avoir été exploitées à l'Est de la faille B.

#### 2) AU DEUXIÈME NIVEAU :

α) *Avancement Est* : Le traçage aborde le pointement granulitique à 200 mètres à l'Est du puits neuf. A cet endroit la puissance du filon dépasse le mètre. L'extrémité de





B

FIG. 106

Interprétation des passages filoniens :  
A : ancienne interprétation. — B : interprétation proposée.

la galerie est complètement oxydée et ne cède rien à l'examen. Il semble cependant que la galerie n'ait pas suivi le filon, mais ait obliqué, ainsi que l'indique un levé précis, vers le Nord en suivant la croûte quartzeuse d'une terminaison en biseau de la granulite.

Le filon est ensuite exploité jusqu'au puits. Mais, à 40 mètres à l'Est de ce dernier, part vers le Nord-Est une branche qui a été suivie sur 35 mètres.

β) *Avancement Ouest* : A l'Ouest, le filon a été suivi sur 260 m jusqu'au TB 27. A l'Est de la faille B, les deux branches de la bretelle Ouest paraissent avoir été exploitées, comme l'indique une cheminée placée en retrait au Nord de la galerie.

Au-delà de la faille B, seule la branche Sud a été tracée ; la branche Nord paraît cependant avoir été reconnue par le travers-banc 26, à la poudrière, et tracée sur une dizaine de mètres. Dans le travers-banc 27 cette branche n'inscrit que quelques filonnets.

### 3) AU TROISIÈME NIVEAU :

Le filon a été tracé sur 200 mètres et exploité jusqu'à mi-étage. A hauteur du puits Neuf, à cinq mètres au Nord du Nouveau filon, apparaît une branche Nord qui a été tracée sur 15 mètres vers l'Est jusqu'à la faille D.

*Avancement Ouest* : L'avancement est arrêté sur un filonnet de 7 cm qui ne me semble pas représenter le Nouveau filon (fig. 107).

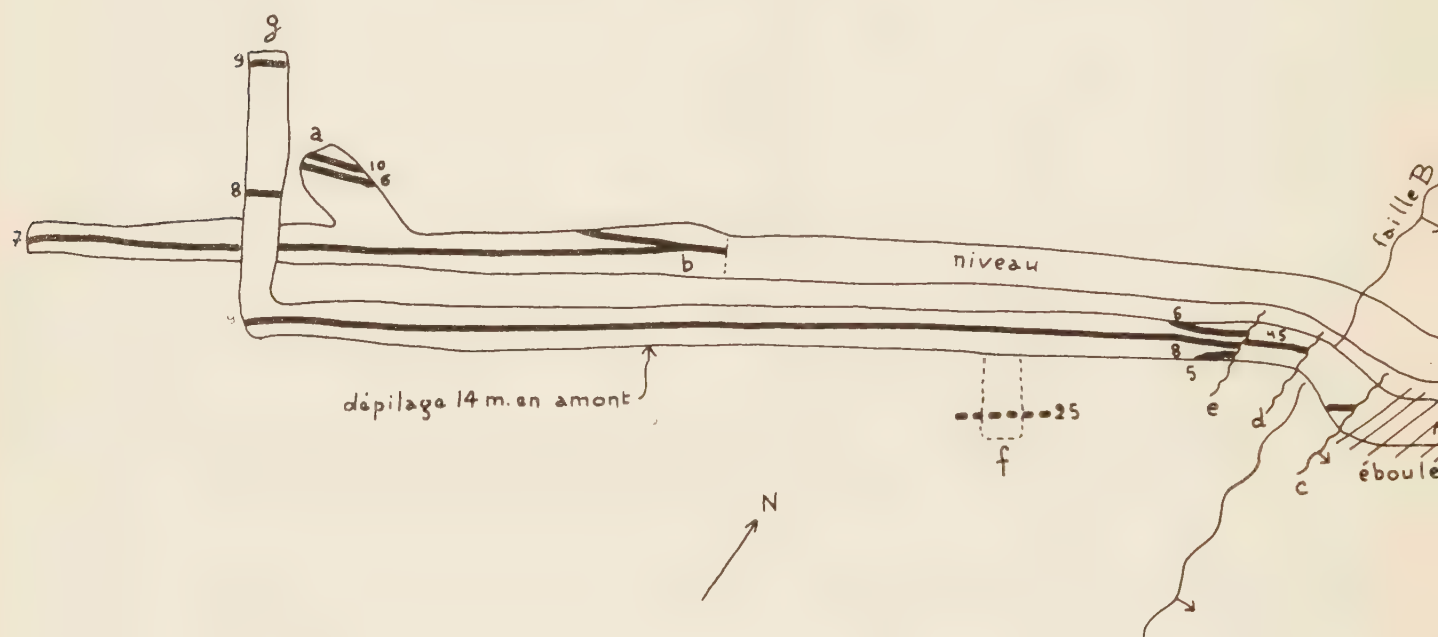


FIG. 107

Plan de l'avancement Ouest du Nouveau filon au troisième niveau (les chiffres indiquent la puissance des filons en centimètres).

On a vu qu'au puits, le nouveau filon comportait deux branches espacées de 5 mètres, la branche Sud étant la plus importante. Voulant, à l'avancement Ouest, retrouver cette branche Nord pour vérifier si, à cet endroit, elle n'était pas devenue plus importante que la branche Sud qui n'a que 7 cm de puissance, l'exploitant de l'époque a poussé la recoupe a et rencontré deux filonnets. Il en a conclu qu'il se trouvait dans le niveau principal dans la branche Sud et que le nouveau filon était devenu inexploitable. En fait, en relevant avec précision l'orientation des filonnets rencontrés au bout de la recoupe a, on peut constater qu'ils sont sur le prolongement d'une branche issue du filon en b.

Dans le dépilage situé à 14 mètres en amont, la perte de puissance a causé la même inquiétude et on trouve là une recoupe en travers-bancs de 15 mètres vers le Nord en g qui n'a rencontré que deux filonnets, l'un à 5 m, l'autre à 15 m. Si l'on revient dans

le dépilage à l'endroit où la faille B rejette le filon, on peut constater les faits suivants : La faille est triple dans la partie non éboulée. La faille c rejette le filon vers le Nord, la faille d également, puisqu'on retrouve, à l'Ouest de cette faille, un filon de 45 cm qui correspond au filon suivi à l'Est. Mais, à l'Ouest de la faille e, qui est la troisième, on trouve trois filonnets de 6,5 et 8 cm qui ne paraissent pas correspondre au filon important. Il semble donc bien ici que les pans des différentes failles secondaires, composant la faille multiple B, n'aient pas, comme l'indique la figure 108, glissé régulièrement

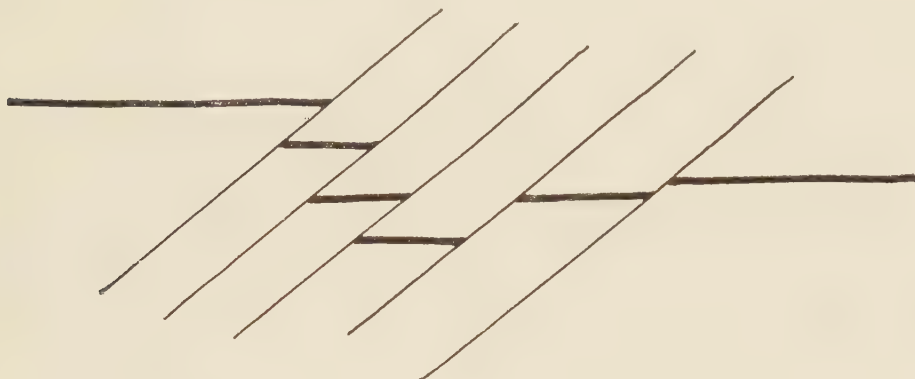


FIG. 108

Plan d'une faille multiple recoupant un filon et comportant des pans à glissement inégal.

Dans un cas de ce genre, il faut traverser franchement la faille multiple et reprendre le rejet de l'autre côté. La même erreur que celle qui vient d'être relevée dans le dépilage a été commise dans le traçage du troisième niveau, si bien qu'après avoir recherché le rejet de la branche Sud, la galerie a été poussée dans la branche Nord, moins importante que l'autre.

*Résultats :* Une recoupe effectuée dans le dépilage en f a rencontré la branche Sud à 5 mètres, puissante de 25 cm.

#### d) LE FILON ALICE.

##### 1) AU PREMIER NIVEAU :

Le traçage du filon est situé à 10 mètres au Sud du nouveau filon. Les plans indiquent qu'il a été tracé sur 180 mètres à l'Est du travers-bancs 14 et sur 25 mètres à l'Ouest.

α) *Avancement Est :* A 60 mètres à l'Est du travers-bancs 14, le filon se dédouble. Les deux branches ont été tracées jusqu'à 130 mètres du travers-bancs 14. Au-delà, la branche Nord seule a été tracée jusqu'au travers-bancs 10. Au-delà du travers-bancs 10, un avancement s'allonge sur 20 mètres, un peu décalé vers le Sud sans qu'on puisse savoir s'il y a faille, rectification de front par passage dans une autre branche ou passage dans la branche Sud.

β) *Avancement Ouest :* Le filon s'éparpille à 25 mètres du travers-bancs 14.



## 2) AU DEUXIÈME NIVEAU :

Le filon a été suivi sur 55 mètres vers l'Est et sur 130 mètres à l'Ouest du travers-bancs 24.

α) *Avancement Ouest* : A l'Ouest, le filon est divisé en trois tronçons par les failles A et B.

Le tronçon, situé entre le travers-bancs 24 et la faille B, a été correctement tracé.

Après la faille B, le traçage n'a pas tourné au Nord pour retrouver le filon, mais, rencontrant au-delà de la faille un filonnet, il l'a tracé jusqu'à la faille A (fig. 109). Le filon est donc à rechercher ici dans le parement Nord en a.

Après la faille A, le traçage a, à nouveau, tourné au Nord, mais a encore suivi deux filonnets sur lesquels il aboutit au travers-bancs 26. Dans ce travers-bancs, on trouve le passage du filon Fernand à 5 mètres au Nord en b. Il est ici éparpillé, mais cet éparpillement de relais demande à être suivi vers l'Ouest pour retrouver le filon puissant.

La branche Nord n'a pas été suivie à cet étage, le travers-bancs 26 la recoupe cependant à 10 mètres au Nord du filon Fernand en c.

*Résultats* : Une recoupe, poussée après la faille B vers le Nord, a retrouvé le filon Fernand à 7 mètres en d.

β) *Avancement Est* : Un dépilage exploite le filon dans sa partie Ouest attenante au travers-bancs 24. Brusquement, le filon s'éparpille et le travers-bancs 24 ne recoupe que quelques filonnets assez espacés. Le traçage vers l'Est suit ces filonnets pendant 3 mètres, puis tourne brusquement au Nord. Après la traversée d'une faille, il retrouve quelques filonnets dont les deux principaux vont en augmentant de puissance, mais ne constituent pas un filon exploitable (fig. 110).

L'examen des coups de mine du traçage et la dénivellation existant à proximité du travers-bancs 24 montrent que le filon Fernand a été rencontré par le travers-bancs 23

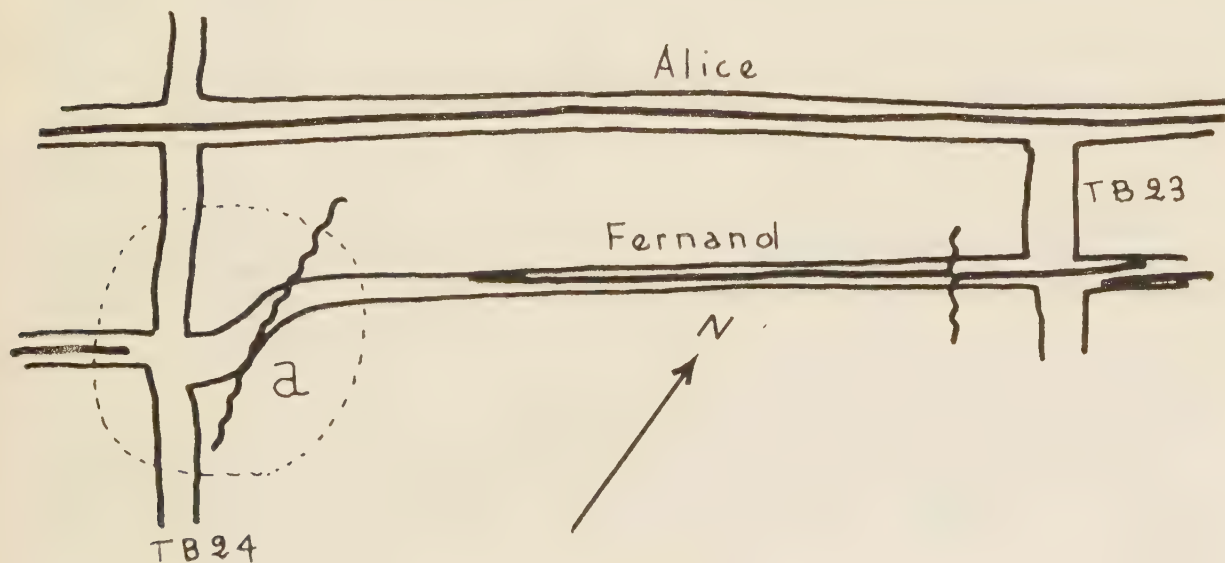


FIG. 110

Traçage Est du Filon Fernand au deuxième niveau. En a : zone étudiée et représentée par la figure 111.



venant d'Alice, puis suivi d'Est en Ouest. Ce traçage a suivi la branche Nord d'un relais, la branche Sud se trouve dans le parement Sud. Si la disposition avait été normale, le travers-bancs 24 aurait montré une coupe de relais comprenant une branche mince au Nord et une branche importante au Sud. Le traçage, en débouchant sur la branche mince aurait montré l'erreur et permis sa correction. Mais une faille rejette dans le travers-bancs une partie de relais éparpillé. Il faut donc ici rechercher la branche exploitable dans le parement Sud (fig. 111).

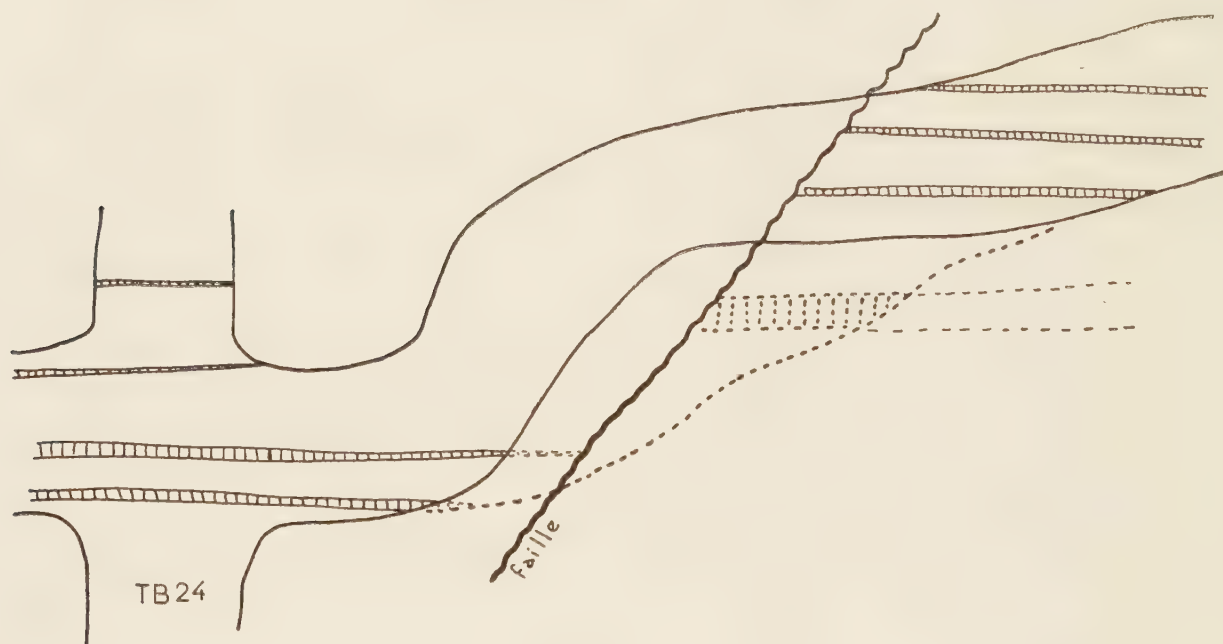


FIG. 111

Recherche du filon Fernand à l'Est du T B 24 (deuxième niveau).

*Résultats* : La figure montre comment, après un tir, la branche importante fut mise à jour derrière la faille. Le traçage fut ensuite poussé au toit du niveau actuel pour constituer la première tranche du défilage.

#### f) FILON SAINTE-BARBE.

Il est situé à 55 mètres au Sud du filon Fernand.

1) AU PREMIER NIVEAU : Il n'est plus accessible. D'après les plans, il a été rencontré : par le travers-bancs 15, à 90 mètres à l'Ouest du travers-bancs central 14, et tracé sur une longueur de 60 mètres ; par le travers-bancs 13 situé à 45 mètres à l'Est du travers-bancs 14.

2) AU DEUXIÈME NIVEAU : Il a été recoupé par le travers-bancs 24. Deux amorces le montrent faiblement minéralisé mais assez puissant.

### 5° Etude structurale du faisceau filonien.

Si l'on considère un plan du gisement comprenant les deux premiers niveaux, on peut faire les remarques suivantes (fig. 93) :

Le nouveau filon apparaît immédiatement comme le filon principal, l'axe du gisement. Il est le plus régulier en allure et en puissance. Si on le suit de l'Est à l'Ouest, on peut noter les variations suivantes :

La puissance, aux abords du pointement granitique, est supérieure à 50 cm et atteint parfois le mètre ; aux abords du puits Neuf, elle varie de 25 à 40 cm ; à l'Ouest, elle tombe à 25 cm. Au-delà, le filon s'éparpille.

On peut donc diviser le cours du filon en quatre zones, de l'Est à l'Ouest :

- une zone de forte puissance ;
- une zone de puissance moyenne ;
- une zone de faible puissance ;
- une zone d'éparpillement.

A ce premier schéma, s'en superpose un second, d'ordre structural :

Aux abords du pointement granitique, le filon paraît être simple, puis il présente deux branches qui se raccordent pour reformer un filon unique dans la zone centrale ; puis le filon se dédouble à nouveau à l'Ouest et enfin s'éparpille.

La confusion de ces deux schémas mène à la structure suivante, de l'Est à l'Ouest :

- une zone de filon simple et de forte puissance ;
- une zone de filon double et de puissance moyenne ;
- une zone de filon simple et de puissance moyenne ;
- une zone de filon double et de faible puissance ;
- une zone de filon éparpillé.

Sur une projection de tous les filons sur un plan vertical qui leur est parallèle (fig. 112), le contact schistes-granulite apparaît avec un pendage Ouest. Ce fait est d'ailleurs confirmé par le pendage de la zone à filon puissant du filon Alice.

Les dépilages sont tous arrêtés à cette zone de filons puissants dont la teneur est faible. Si ce fait se confirmait, la limite Est du gisement de wolframite se situerait au contact schistes-granulite.

La connaissance de la limite Ouest permettrait de circonscrire le gisement. Malheureusement, son tracé est actuellement impossible ; au deuxième niveau, les filons Nouveau, 1 et Fernand ont des avancements Ouest qui ne correspondent pas à la réalité, les traçages s'étant égarés après le passage des failles. A la rigueur, un pendage aurait pu être supposé si des points précis avaient été fournis par le troisième niveau, mais le Nouveau filon se trouve là égaré après faille et les filons 1 et Fernand sont en traçage.

Il est donc difficile, d'après cette coupe, d'émettre une opinion sur l'extension possible du gisement vers l'Ouest, et en profondeur. Si la limite Ouest pend vers l'Ouest, le gisement s'étend, si la limite Ouest pend vers l'Est, le gisement se coince rapidement en profondeur.

On est tenté, en examinant la projection sur un plan vertical parallèle au faisceau des zones filonniennes tracées, et devant le demi-ovale qu'elles dessinent, de conclure à un appauvrissement avec la profondeur.

Cependant, si l'on considère séparément chaque filon, on peut émettre sur sa puissance les remarques suivantes :

- le filon 1 est moins puissant au troisième niveau qu'au second ;
- le filon 4 n'apparaît au troisième niveau que sous la forme de trois filonnets de 4, 4 et 2 cm ; il diminue donc nettement de puissance. Cependant, le fait que ce filon se développe surtout dans la zone Est ne permet pas de se prononcer sur ce qu'il réserve dans cette zone au troisième niveau, bien que la limite proche de la granulite soit défavorable ;
- le Nouveau filon est régulier sur toute la hauteur connue ;
- quant aux filons Alice et Fernand, il est nécessaire en toute logique de considérer l'entrelacs de cassures qu'ils forment plutôt que les deux filons jusqu'ici suivis. Bien que moins régulière, leur cassure est comparable comme importance à celle du Nouveau filon ;
- le filon Sainte-Barbe offre des données insuffisantes, mais l'étendue de sa cassure garantit un filon important.

En définitive, le seul argument de valeur étayant une crainte d'appauvrissement en profondeur est la descente oblique du contact Ouest du pointement granitique.

On doit s'attendre en profondeur à perdre le filon 1, à craindre que l'entrelacs de Fernand et Alice soit difficilement exploitable, mais à suivre encore aux quatrième et cinquième niveaux, les cassures importantes du Nouveau filon et du filon Sainte-Barbe.

## 6° Etude minéralogique des filons.

### a) LA PARAGENÈSE MINÉRALE.

Les différents minéraux, rencontrés dans les filons de Montbelleux, sont, par ordre d'importance :

- le quartz, la topaze, la muscovite, la chlorite ;
- la wolframite, la pyrite, le mispickel, la fluorine, la molybdénite, la chalcoppyrite, la blende, la cassitérite, la sidérose, la covellite, la stannite, la scheelite, la pyrrhotite.

1. — *Le quartz* : La teinte du quartz varie du gris au blanc laiteux. Dans le faisceau central, elle varie du gris au blanc. La cassure du quartz gris, le plus rare, est esquilleuse, conchoïdale, aiguë et coupante ; la cassure du quartz gris-blanc et blanc, le plus commun, est anguleuse et irrégulière. Le quartz du filon Sainte-Barbe est laiteux et plus friable que le précédent, sa cassure est orthogonale et poussiéreuse.

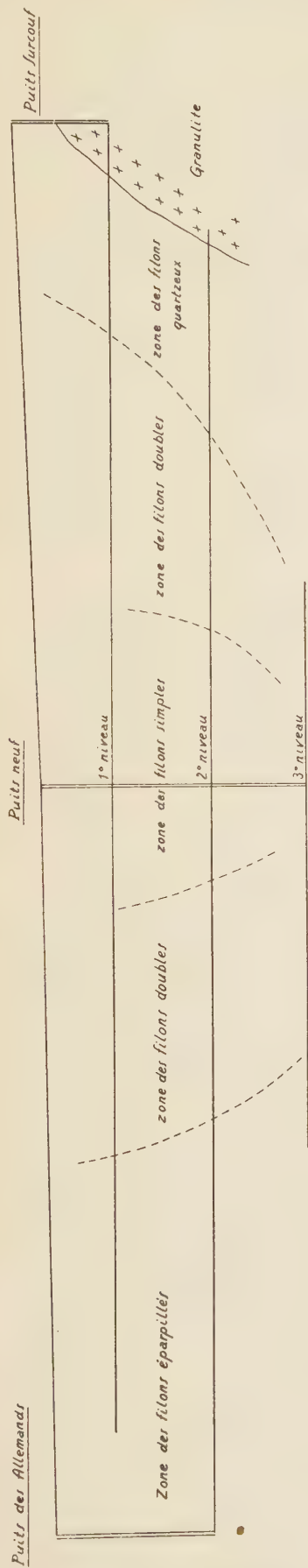
Tous les quartz du gisement dégagent, après cassage, une odeur fétide.

2. — *La topaze* : Se présente souvent en masses plaquées à l'éponte, dont les cristaux sont peu nets, incomplets ou mal formés par la croissance simultanée de nombreux individus dont l'orientation moyenne est perpendiculaire à l'éponte. Les cristaux les mieux formés ont une taille variant de 2 à 10 cm. Le prisme dominant est  $g^3$ , un seul prisme  $m$  a été trouvé. Assez souvent,  $g^3$  est associé à  $m$  peu développé. La forme dominante du pointement est  $b \frac{1}{2}$ , plus rarement  $e \frac{1}{2}$  conservant une petite bande de face  $p$ .

Les cristaux sont opaques, blanc verdâtre ; ils sont fendillés et souvent damouritisés. Le microscope révèle que la damouritisation progresse surtout par les clivages  $p$  et réserve des noyaux intacts plus ou moins importants suivant le degré d'altération.

3. — *La muscovite* : Se présente sous trois formes :

- α) La muscovite en paillettes de 1 à 10 mm, en moyenne 2 mm, elle se trouve :
  - à l'éponte des filons où elle forme parfois une croûte irrégulière de lamelles accolées placées sur champ ;



RÉPARTITION NORMALE MOYENNE DANS LE PLAN DES FILONS

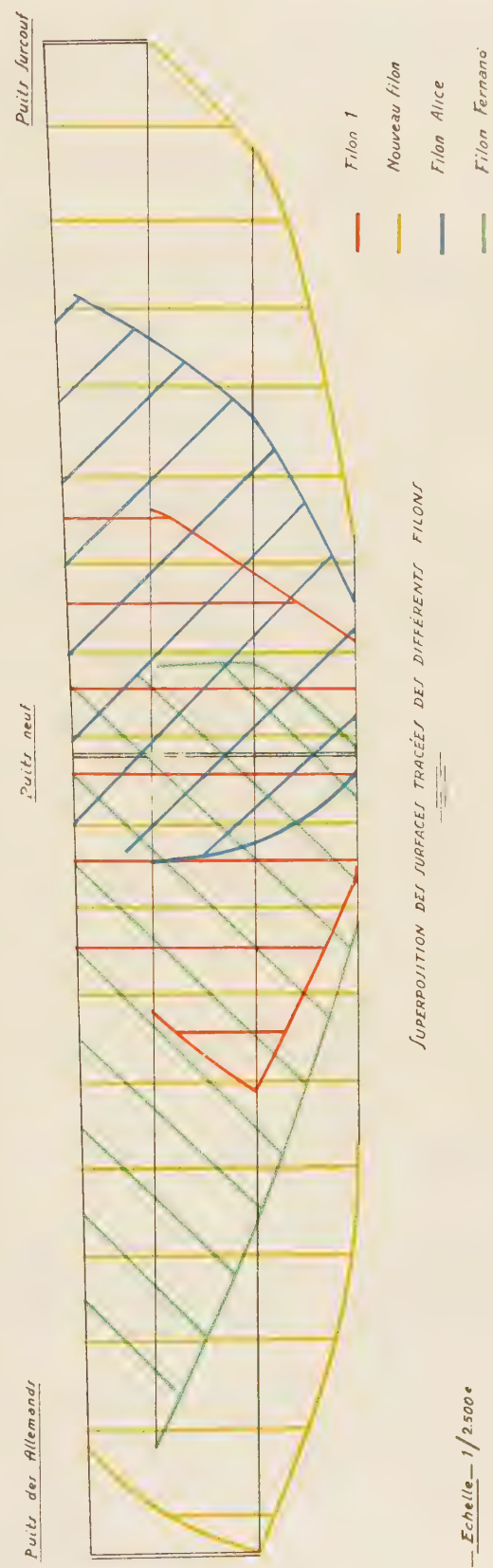


FIG. 112





— à proximité immédiate des cristaux de wolframite et surtout de cassitérite, soit revêtant ces cristaux et les cristaux de quartz voisins et, dans ce cas, les grandes lamelles sont accolées en palmettes, soit disséminées en paillettes plus petites dans le quartz adjacent ;

β) La muscovite en paillettes de 1/10 à 1/2 mm ; elle forme des amas de quelques cm<sup>3</sup> à l'intérieur desquels les lamelles sont recourbées, emboîtées, donnant une structure plus ou moins testacée ;

γ) La damourite en paillettes microscopiques, accolées en masses compactes de quelques cm<sup>3</sup>, d'une teinte jaune verdâtre, toujours limitée géométriquement, même dans la masse des filons, par les plans des faces du quartz ou de la topaze n'existant parfois qu'à son contact.

4. — *La chlorite* : Constitue des amas d'un beau vert foncé, presque toujours en liaison avec les zones centrales pyriteuses des filons. Au microscope, ces amas apparaissent formés de nombreux sphérolites accolés.

5. — *La wolframite* : La wolframite de Montbelleux est une ferberite.

Elle se présente sous des formes qui varient selon les filons et sa position à l'intérieur de ces filons. L'habitus type est la lame aplatie selon la face  $h^1$ , raboteuse, terne et irrégulière, et montrant, sur la tranche, le clivage  $g^1$  parfait, brillant, écailleux et facile. Le rapport largeur/longueur varie entre 1/10 et 1/20. La longueur varie de 1/2 à 15 cm.

A l'éponte, les cristaux, souvent de taille petite ou moyenne sont presque toujours disposés en peigne, isolés ou groupés par deux ou par trois selon la macle  $h^1$  de la pseudo-mériédrie, ou en éventail. Dans la partie centrale du filon, les cristaux sont plus grands et presque toujours groupés ; ces groupements forment soit des amas de cristaux interpénétrés et orientés en tous sens, soit, le plus souvent, des masses lamelleuses de cristaux assemblés selon  $h^1$  grossièrement parallèles ou légèrement palmés.

6. — *La cassitérite* : Paraît assez rare dans la partie exploitée du gisement. D'une teinte chocolat foncé à brun noirâtre, forme des masses informes de la taille d'une noix ou des cristaux souvent bien cristallisés d'une taille variant de 1/2 à 2 cm, isolés ou groupés. Les prismes  $m$  et  $h^1$  sont associés, les pointements montrent les faces  $a^1$  et  $b^1$  ; la macle selon  $b^1$ , bec de l'étain, a été rencontrée.

7. — *La pyrite* : Se trouve en masses informes dans le quartz ou cristallisées dans les géodes en cubes  $p$ . Elle est disséminée parfois sous forme de petits cubes de 1/2 à 1 mm dans les schistes encaissants.

8. — *Le mispickel* : Se présente toujours en masses informes dans le quartz. Dans les schistes encaissants, il se dissémine parfois sous forme de petits cristaux de 1 à 2 mm montrant le prisme  $m$  très court et le dôme  $e^4$ .

9. — *La fluorine* : Forme toujours des cubes  $p$  accolés. La couleur violette est dominante ; la couleur blanche plus rare ; les deux se trouvent parfois assez rapprochées sur le même échantillon. Au microscope, on remarque, à l'intérieur de la fluorine blanche comme à l'intérieur de la violette, des inclusions géométriques d'une fluorine violet foncé.

10. — *La molybdénite* : Très rare dans filons où elle forme des lamelles  $p$  hexagonales, elle est abondante dans les épontes où elles tapisse les cassures d'un enduit gris bleuté.

11. — *La chalcopryrite* : Se trouve en amas informes dans les zones géodiques, associés à la covellite et à la blende.

12. — *La blende* : Se trouve en amas informes associés à la chalcopryrite et à la covellite.

13. — *La sidérose* : Est rare. Elle se trouve en amas informe ou crêtés dans les géodes.

14. — *La covellite* : Se trouve en petites taches sur la chalcopryrite.

15. — *La stannite* : Apparaît au microscope à réflexion, sous formes de petites taches associées au complexe chalcopryrite, blende, covellite.

16. — *La scheelite* : N'est visible qu'au microscope dans les lames taillées dans des zones à sidérose, fluorine et chlorite.

17. — *La pyrrhotite* : Apparaît en petites taches associées à la pyrite dans les zones à chalcopryrite et blende.

#### b) RÉPARTITION DE LA MINÉRALISATION.

Le peu de connaissance que l'on a du gisement ne permet pas d'établir une répartition précise des minéraux dans les diverses zones du gisement, seuls les faits suivants ont pu être notés.

Les filons peuvent être divisés, du point de vue de la minéralisation, en trois groupes :

##### 1° *Le groupe filon 1, filon 4, Nouveau, Sainte-Barbe, Alice.*

Si l'on considère trois temps de fracturation pour expliquer la formation des filons on peut remarquer :

1) Un premier temps comportant des filonnets peu puissants, formés de quartz non minéralisé ;

2) Un second temps composé de filons de 6 à 15 cm de puissance. Le quartz est ici gris-blanc. Ce sont des filons qui contiennent presque toute la topaze, parfois si abondante qu'elle constitue la totalité du filon. Le plan central des zones à topaze est souvent géodique, et c'est principalement dans l'espace séparant les deux hérissements de cristaux qu'apparaissent souvent la damourite, la chlorite, la fluorite et la sidérose ;

3) Un troisième temps comportant des filons puissants à quartz gris blanc à blanc. Ce quartz ne contient presque exclusivement que de la wolframite, de la pyrite et un peu de mispickel ; les autres minéraux : chalcopryrite, blende, covellite, stannite, apparaissent dans de rares zones souvent localisées à l'éponte.

##### 2° *Le filon Sainte-Barbe.*

Le quartz de ce filon est laiteux. Il contient de la wolframite, de la pyrite et du mispickel relativement abondant. La chalcopryrite et la blende sont plus abondants que dans le groupe précédent.

##### 3° *Le groupe des filons Nord 80° Est de pendage Sud.*

Ils sont inexploitables et mal connus dans le gisement de Montheulleux. Le seul fait marquant qu'on ait pu relever est la présence de chalcopryrite.

Dans le gisement de Villeray, la paragenèse minérale indiquée par KERFORNE est la suivante : wolfram, bismuth, chalcopryrite, blende, pyrite.

### c) RÉPARTITION DE LA WOLFRAMITE.

Dans les filonnets à topaze du second temps, la wolframite, peu importante en moyenne, est abondante dans certaines plages d'une taille de 5 à 10 mètres, bien localisées dans le plan du filon. Ces plages sont peu nombreuses et, fait curieux, le filon puissant du troisième temps est, dans la zone correspondante, en général, peu minéralisé.

Dans les filons du faisceau principal, la minéralisation à l'échelle du gisement est très régulièrement répartie. Considérée à l'échelle du chantier, elle présente des alternances de passages minéralisés et de passages stériles de l'ordre de quelques mètres.

Un échantillonnage, effectué pour l'évaluation du gisement, a permis de préciser les variations de teneur des filons et d'établir le schéma suivant qui superpose au schéma structural la répartition de la teneur en WO<sub>3</sub> :

- la zone de filon simple et de forte puissance est faiblement minéralisée ;
- la zone de filon double et de puissance moyenne est moyennement minéralisée ;
- la zone de filon simple et de puissance moyenne est fortement minéralisée ;
- la zone de filon double et de faible puissance est moyennement minéralisée ;
- la zone de filon éparpillé est moyennement minéralisée.

## II. — *Etude de la zone du pointement granitique*

On rencontre dans un bois de pins, situé entre le Puits Neuf et le sommet de la butte de Montbelleux, à 300 mètres à l'Est du puits, des excavations allongées dans la direction filonienne. Les quartz abondants, minéralisés en cassitérite et wolframite, qui les bordent, révèlent qu'on se trouve en présence de très anciennes exploitations d'étain.

Ce sont ces excavations et leurs quartz minéralisés qui, en 1903, attirèrent l'attention de KERFORNE. Les travaux de recherche qu'elles provoquèrent sont à l'origine de l'exploitation actuelle.

Les travaux souterrains effectués dans cette zone sont inaccessibles. On possède, cependant, sur eux, le plan annoté reproduit par la figure 113, et quelques renseignements qui permettent la description suivante.

Un puits, le puits Surcouf, a été foncé à proximité des excavations. A 16 mètres de profondeur, il a rencontré un pointement granitique. A 21 mètres, il a recoupé un filon minéralisé en cassitérite et en wolframite. Ce filon a été tracé sur 70 mètres. On ignore sa puissance. Un travers-bancs de 15 mètres de longueur, poussé vers le Sud, a recoupé deux autres filons, l'un distant de 5 mètres, puissant de 12 cm, aurait donné à l'analyse une teneur de 5,5 % en étain ; l'autre, distant de 12 mètres, puissant de 30 cm, serait également minéralisé en étain.

KERFORNE, dans une note parue au Bulletin de la Société Minéralogique de Bretagne [KERFORNE, 1926], dit ceci : « Le puits Surcouf..... a permis d'extraire, dans les recherches, plus d'une tonne de cassitérite..... Au voisinage du granite à mica blanc, les filons deviennent plus irréguliers..... et se chargent de cassitérite..... Elle s'accumule en forme de chapeau à la périphérie du granite ; celui-ci contient lui-même de petits cristaux épars de cassitérite et de wolfram ».

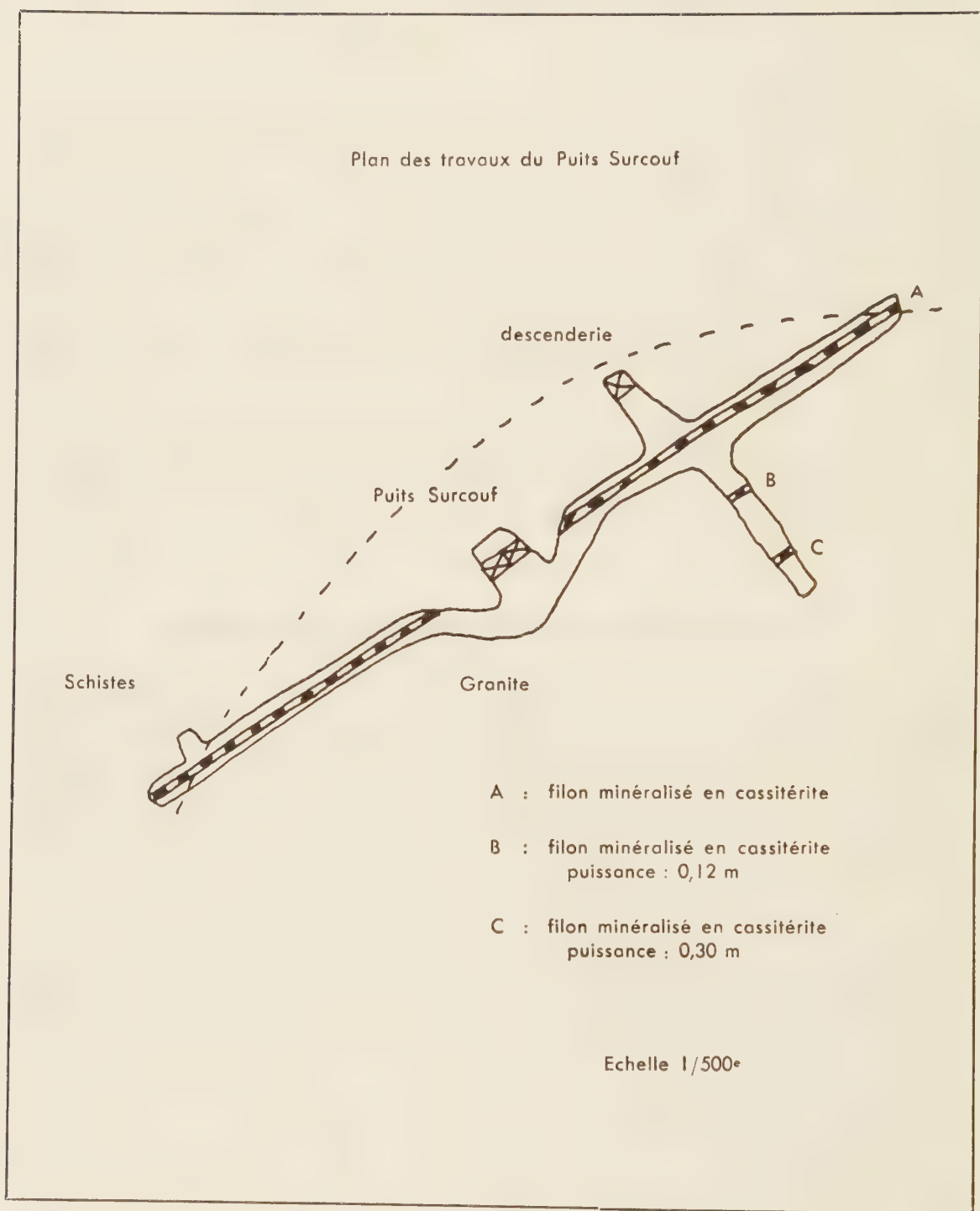


FIG. 113  
Plan des travaux du Puits Surcouf.



Un autre rapport signale la puissance moyenne et l'allure éparpillée des filons.

Si l'on raccorde les travaux du puits Surcouf à ceux du puits Neuf, on remarque que le filon principal, suivi dans le pointement granitique, prolonge exactement le Nouveau filon. D'autre part, les excavations anciennes qui subsistent en surface, à 20 m au Sud du Puits Surcouf, indiquent l'existence d'une tête filonienne minéralisée. Cette tête filonienne pourrait correspondre, dans la zone Surcouf, correction faite de la pente, avec le filon tracé à 12 mètres au Sud du filon principal, et dans la zone du Puits Neuf au filon Alice.

Le traçage du Nouveau filon, au deuxième niveau, dans la zone du Puits Neuf, a été poussé jusqu'au granite. Rien n'est visible dans cette extrémité de galerie qui est soit boisée, soit très oxydée. Les terrains sont, cependant, très quartzeux. La galerie, en arrivant dans le granite, oblique nettement au Nord, à tel point qu'on pourrait croire qu'au lieu de suivre la cassure filonienne que le raccordement des travaux révèle assez continue, elle a suivi le contact quartzeux du granite et des schistes.

On peut tirer de ces données les conclusions suivantes :

- le faisceau filonien, exploité à l'Ouest, traverse le pointement granitique ;
- à l'intérieur du pointement, le faisceau est éparpillé, mais, dans le prolongement des filons reconnus à l'Ouest, existent des filons d'une puissance économiquement intéressante ;
- la minéralisation, bien que le wolfram ait été partout signalé, est principalement stannifère ;
- cette minéralisation paraît distribuée non seulement dans le quartz des filons, mais aussi dans le granite des épontes et dans celui proche du contact granite-schistes.

Il s'avère donc bien que les filons ne constituent pas un prolongement quartzeux du granite mais que la cassure recoupe le granite et y favorise comme dans les schistes, la formation de filons.

Un schéma structural montrant la répartition, sur un plan vertical parallèle au filon, de la puissance et de la minéralisation a été établi au cours de l'étude de la mine. Si l'on complète ce schéma par les conclusions qui viennent d'être émises, on aboutit au schéma général représenté par la figure 114 où apparaissent, de l'Ouest à l'Est :

- en a) un filon éparpillé minéralisé en wolfram ;
- en b) un filon de puissance moyenne minéralisé en wolfram ;
- en c) un filon puissant faiblement minéralisé en wolfram ;
- en d) le contact schistes-granite ;
- en e) un filon moyen, éparpillé, minéralisé en wolfram et étain.



FIG. 114

Répartition en plan des différentes zones minéralisées.

Selon le plan du filon, la répartition de la minéralisation peut se tracer de la façon représentée par la figure 115 :

- en a) zone des schistes à filon moyen minéralisé en wolfram ;
- en b) zone des schistes à filon puissant faiblement minéralisé en wolfram ;
- en c) zone du granite minéralisé en étain et wolfram.



Le schéma classique de la répartition de la minéralisation dans les coupes granitiques peut être ici évoqué, et, adapté aux faits connus, proposer une hypothèse pour la reconnaissance complète du gisement.



FIG. 115

Répartition dans les filons des différentes zones minéralisées  
(coupe verticale).

La figure 116, qui s'en inspire, montre :

- en a) la zone des schistes wolframifères ;
- en b) la zone des schistes quartzeux ;
- en c) la zone du batholite minéralisé en étain et wolfram ;
- en d) le cœur stérile du batholite.

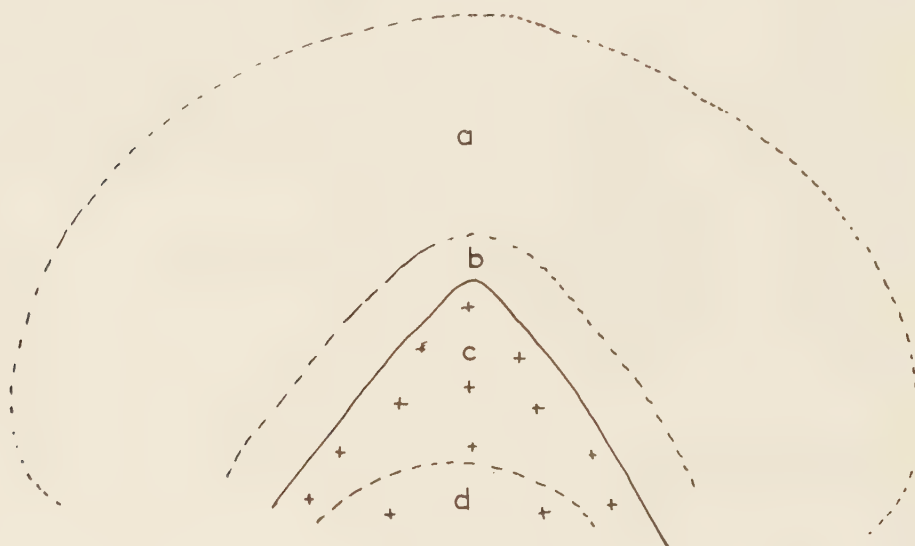


FIG. 116

Répartition des différentes zones minéralisées autour du pointement granitique  
(coupe verticale).

On aboutit ainsi à une répartition en auréole de la minéralisation, l'étain étant séparé du wolfram par une zone principalement quartzeuse.

### III. — *Etude de la zone Est du pointement granitique*

On connaît peu de choses sur cette zone située au-delà du pointement granitique. A l'exception d'un travers-banc datant de la période de recherches de 1903-1906, on ne retrouve aucune trace de travaux, ni sur le terrain, ni dans les archives. Cela surprend et s'explique peut-être par le fait que les périodes d'exploitation ayant été très courtes, de un à deux ans, l'effort de remise en route de l'exploitation s'est concentré sur la zone Ouest du gisement minéralisée à l'évidence.

Le seul témoin de recherches, le travers-banc Pichot, est creusé dans le flan Est de la butte. Il est actuellement éboulé, mais on peut suivre sa trace par des affaissements de surface. Dans les déblais on trouve d'importants morceaux de quartz stérile qui paraissent provenir d'un filon de quartz d'au moins 0,50 m de puissance. Trouvé dans les déblais également un quartz d'éponte à éponte de 7 cm, indique qu'au moins un filonnet satellite est minéralisé. D'après la direction de l'affaissement de la galerie, en tenant compte du fait que les galeries de ce genre sont habituellement perpendiculaires aux filons, ceux-ci auraient une direction Nord 60° Est qui correspondrait à celle du faisceau filonien connu dans la zone Ouest et la zone centrale.

Deux arguments, le premier d'ordre général, le second d'ordre local, militent en faveur de la présence possible dans cette zone d'un faisceau filonien :

Le premier argument s'appuie sur le fait suivant bien connu en métallogénie : lorsqu'un faisceau filonien recoupe un pointement granitique, une minéralisation recon nue d'un côté de ce pointement a de fortes chances de se retrouver de l'autre côté. C'est en mettant cette règle en application qu'on a trouvé, à Leucamp, le gisement de Teyssières et aux Montmins, le gisement de la Bosse.

Le second argument est le suivant : il est prouvé à Montbelleux que les cassures du faisceau filonien de la zone Ouest ne prennent pas naissance à la périphérie du pointement granitique, mais le recoupent nettement. Le fait que le travers-banc Pichot, situé à 450 m du puits Surcouf, ait rencontré des filons, prouve que ces cassures dépassent le pointement et se poursuivent dans la zone Est.

On ignore l'allure du flanc Est du pointement granitique. Le cas le plus favorable serait offert par un contact abrupt qui ménagerait une zone wolframifère importante : le cas le plus défavorable, par un contact en pente douce qui étendrait assez loin, jusqu'au flanc de la butte, la zone stannifère et la zone des gros filons pauvres.

Un programme de recherche devra donc ici :

- prouver l'existence du faisceau filonien ;
- évaluer le nombre et la puissance des filons ;
- préciser la nature et l'importance de la minéralisation ;
- situer en profondeur le contact granite-schistes.

### IV. — *Etude de la zone latérale Nord du pointement granitique*

Les notions de zone Ouest, zone Centrale, zone Est, telles qu'elles ont été développées jusqu'ici, sont limitées au faisceau filonien reconnu et exploité à l'Ouest, et à son prolongement vers l'Est. Voici les faits qui ont mené à concevoir une zone latérale Nord :

Un fait frappant ressort de l'étude de la mine : aucun travers-banc de reconnaissance n'a dépassé de plus de quelques mètres le filon situé le plus au Nord, le filon un.

Dans les archives du Service des Mines de Rennes, on croit comprendre que, lors de l'attribution de la concession, deux demandeurs s'opposaient. L'un avait effectué des tranchées au Sud du chemin, sur le gisement actuel, l'autre au Nord du chemin au-delà du filon un. Le second a été débouté, les indices découverts dans sa zone étant inférieurs en nombre et en qualité à ceux découverts dans l'autre zone. Mais les quelques filonnets qui furent mis à jour prouvent l'extension vers le Nord du faisceau filonien actuel.

La prospection du flanc Nord de la butte, dont les roulants proviennent de l'érosion de la crête et du flanc Nord, a fourni de nombreux quartz minéralisés en wolframite.

## ***V. — Réalisation d'un programme de recherches dans la zone du pointement granitique***

### **A) LES RAISONS ET LES BUTS DU PROGRAMME**

Le pointement granitique et ses environs constituent la zone immédiate d'extension du faisceau actuellement connu. Son importance dans l'évaluation du gisement et dans l'estimation de ses possibilités d'avenir est donc considérable. Or, les données que l'on possédait sur elle étaient très fragmentaires et incertaines ; elles proviennent d'un schéma ancien et du rapport de KERFORNE.

Les deux tranchées prévues dans le programme de recherche et situées, l'une à proximité du puits Surcouf, l'autre à 200 mètres à l'Est, ont paru peu coûteuses par rapport à la valeur des renseignements qu'elles pouvaient apporter. Sans permettre immédiatement une évaluation du gisement, elles pouvaient confirmer ou non la présence de filonnets minéralisés dans le pointement et fournir, dans le premier cas, des précisions sur leur allure et leur minéralisation. Deux faits ont provoqué la décision d'effectuer ces tranchées :

Le premier est un doute. Bien que KERFORNE souligne l'importance de la minéralisation en étain de la zone du puits Surcouf, les anciens n'ont jamais exploité l'étain, les travaux de recherche d'étain en 1920 ont été sans lendemain et les Allemands n'ont pas repris ces travaux. On peut trouver des raisons d'ordre technique, économique ou politique qui justifient ces comportements sans pour cela diminuer l'intérêt que présente cette zone, mais on peut aussi plus simplement la soupçonner de stérilité.

Le second est d'ordre géologique et structural. Dans le schéma simple auquel a abouti la première étude du gisement, la granulite forme un batholite sub-circulaire relativement étendu. Le faisceau filonien recoupe ce batholite. Selon la règle établie par l'étude des filons Alice et Nouveau, les plus étendus vers l'Est, les filons devenaient, au contact du granite, puissants et peu minéralisés, puis le traversaient en présentant des conditions de teneur et de puissance encore inconnues ; mais probablement moins favorables à l'exploitation que celles qu'ils présentent dans les schistes.

Or, certaines observations concourent à proposer une hypothèse selon laquelle le granite serait filonien. Ces observations sont les suivantes :

- les granites à mica blanc rencontrés dans la région ont une allure filonienne ;
- la trace du contact granite-schistes indiquée sur le plan des travaux du puits Surcouf, si elle est exacte, témoigne plutôt d'une allure filonienne que d'un contour batholitique ;

— le traçage du Nouveau filon au deuxième niveau paraît bien avoir suivi le contact schistes-granite dont l'obliquité dessine plus un bec de filon granitique que le contact d'un batholite ;

— les filons un et Sainte-Barbe, qui flanquent les deux filons précédents, ne présentent pas à leur avancement Est d'épaississement quartzeux. Seroit-ce parce qu'ils ne sont pas en liaison avec un filon de granite ?

Les conséquences de la définition de cette structure sont importantes. En effet, si le filon de granite est étroit, les filons latéraux peuvent lui échapper, se poursuivre dans les schistes et présenter en conséquence des conditions de teneur, de puissance et de régularité plus intéressantes pour l'exploitation et en particulier celle du wolfram dont la zone d'élection est les schistes (fig. 117).

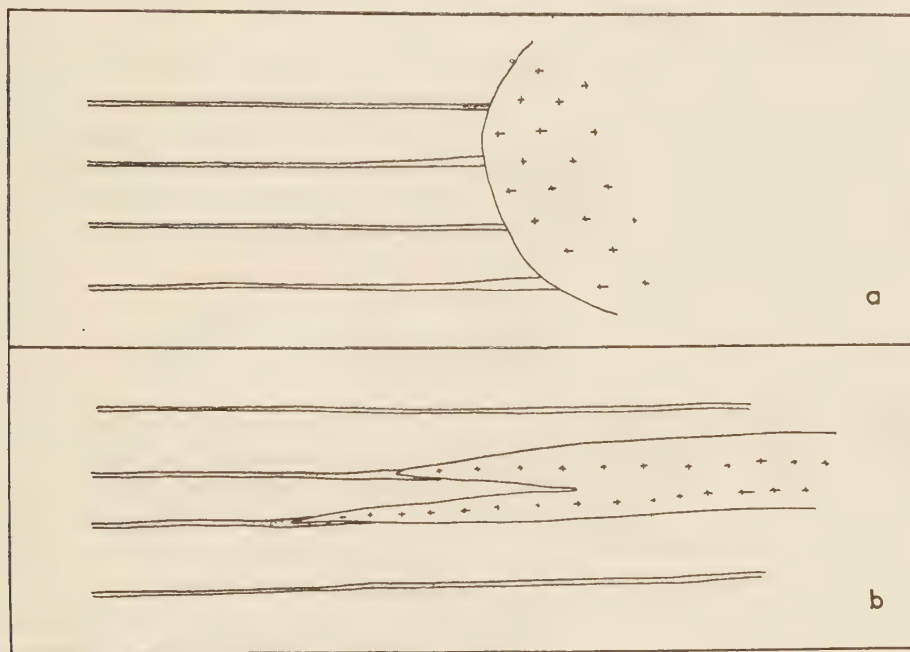


FIG. 117

Allure des filons dans le cas d'un batholite granitique circulaire (a) et dans le cas de filons de granite (b) (vues en plan).

## B) RESULTATS DE L'EXECUTION DU PROGRAMME

Pour résoudre ce problème et inventorier cette zone centrale, deux tranchées ont été creusées (fig. 118) :

- la tranchée I, située à 100 mètres à l'Est du Puits Surcouf ;
- la tranchée II, située à 200 mètres à l'Est du même du même puits.

Ces tranchées ont fourni les données suivantes :

— à l'intérieur du granite :

— la tranchée I montre un éparpillement sur quatre mètres de six filonnets de puissance totale  $6 + 10 + 7 + 4 + 3 + 20 = 50$  cm. Une branche présente une puis-



sance de 20 cm, elle est minéralisée en wolframite et ainsi qu'une branche de 6 cm, en cassitérite. Cet écheveau paraît correspondre avec le Nouveau filon ;

— la tranchée II montre un écheveau de trois filonnets de puissance totale  $8 + 6 + 8 = 22$  cm, étalés sur 1,50 m, tous trois minéralisés en wolframite. Cet écheveau paraît correspondre avec le filon quatre. Si ce fait se confirmait, le Nouveau filon quitterait le granite pour les schistes et pourrait reprendre vers l'Est un cours intéressant ; ce fait est rendu probable par la direction des granites plus inclinée vers le Nord que les filons.

— *dans les schistes :*

— la tranchée I, dans son tronçon Nord, montre un groupe de trois filonnets d'une puissance totale de  $10 + 2 + 5 = 17$  cm, minéralisés en wolframite, et situé sur la trace probable du filon un. On remarque, à dix mètres au Nord, un filonnet de huit cm ;

— *la tranchée II montre :*

— au Sud du granite, plusieurs filonnets dont un de 20 cm, sur la trace probable du Nouveau filon ;

— au Nord du granite, un faisceau de quatre filonnets d'une puissance totale de  $8 + 10 + 3 + 8 = 29$  cm, bien minéralisés en wolframite et situés sur le passage présumé du filon un ; puis un groupe de deux filonnets d'une puissance totale de  $14 + 20 = 34$  cm, dont un est minéralisé en wolframite et en cassitérite et situé à 10 mètres au Nord de l'écheveau précédent.

### C) CONCLUSIONS

Ces données fournies par les tranchées ont permis le raisonnement suivant : au puits Surcouf, le granite a été rencontré à seize mètres de profondeur. Au pied de ce puits, le filon a été tracé dans le granite qui, d'après un plan ancien, longerait le traçage Nord et serait recoupé par lui à l'Ouest. Le pendage du granite est donc bien, à cet endroit, Nord-Ouest. Le tronçon Sud de la tranchée I est dans le granite, son tronçon Nord est dans les schistes ; le contact se trouve donc entre ces deux tronçons.

Dans la tranchée II, la passée granitique est franchement filonienne et possède sensiblement l'orientation et le pendage des filons. Sa puissance moyenne de vingt mètres se décompose en plusieurs passées séparées par des schistes silicifiés, ce qui est un caractère franchement filonien.

On peut conclure en disant que le granite se présente sous une forme filonienne.

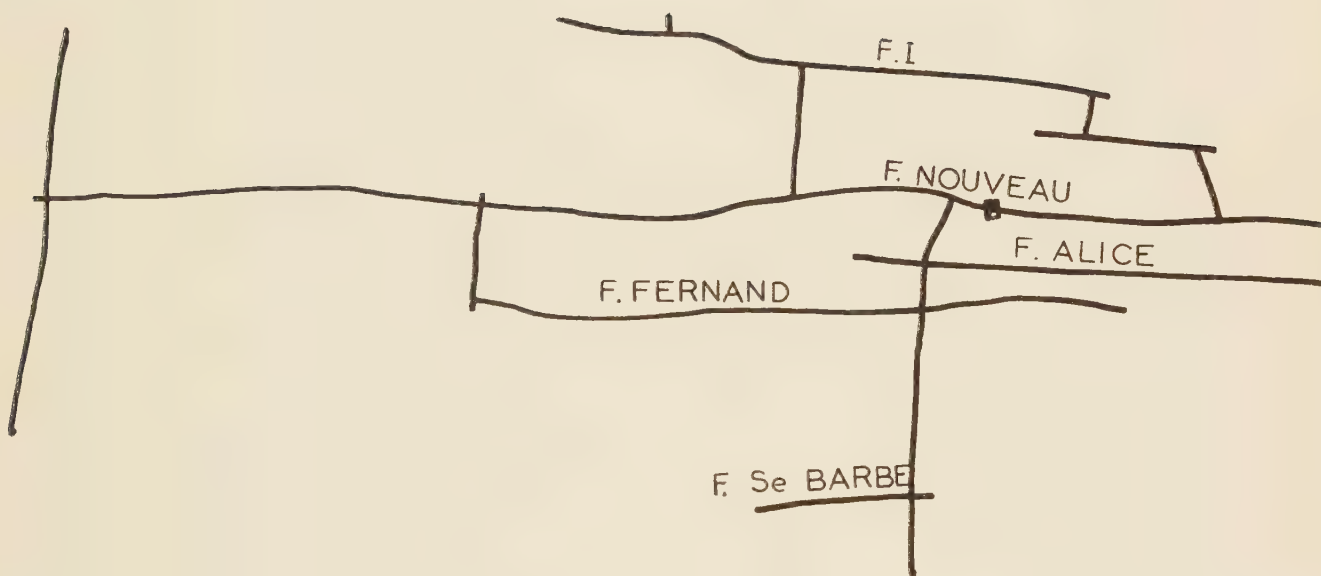
Le gisement de Montbelleux serait donc lié, non pas à un petit batholite circulaire, mais à des filons de granite à mica blanc qui peuvent représenter :

— soit la chevelure d'un batholite profond et important de granite ;

— soit, ce qui est plus probable, si l'on se réfère à la zone la plus proche, celle de Dompierre, les filons de granite à mica blanc satellites latéraux d'un batholite granitique profond.

Ces conclusions permettent d'émettre les hypothèses suivantes : le faisceau filonien peut déborder le granite ; en conséquence certains filons peuvent être extérieurs au granite ; dans cette position, ils doivent être, comparativement à ceux inscrits à l'intérieur, réguliers et minéralisés en wolfram plutôt qu'en étain et wolfram.





Travaux du Puits Neuf au 2e niveau

FIG.  
Plan de la surface et des différenc



Puits Surcouf

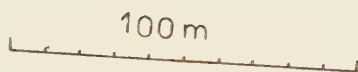
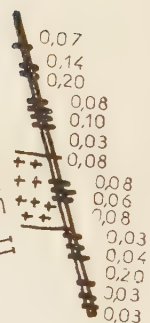


excavation

TRANCHEE I



TRANCHEE II



## CHAPITRE IV

# CONCLUSIONS

---

### A) SYNTHÈSE DE LA MÉTALLOGÉNIE RÉGIONALE

#### 1° La géologie régionale.

L'étude de la géologie régionale a permis de distinguer deux temps principaux dans la mise en place des granites.

Dans un premier temps les alignements anticlinaux s'orientent dans la direction Nord 50° Est.

Dans un second temps les alignements anticlinaux s'orientent dans la direction Nord 70° Est.

Chacun de ces temps de mise en place du granite est accompagné d'une fracturation qui comprend trois types de fractures :

- 1) les fractures ayant favorisé la mise en place de roches éruptives ;
- 2) les fractures ayant donné naissance à des filons de quartz ;
- 3) des fractures sèches ou failles.

Liés au granite du premier temps on rencontre :

- des filons de granite à mica blanc et des filons de granite à grain fin ;
- des filons de quartz minéralisés ;
- des failles peu importantes.

Liés au granite du second temps :

- des filons de microgranite ;
- des filons de quartz laiteux stériles et des filons de quartz minéralisés.
- des failles importantes.

La succession chronologique des faits telle qu'elle a pu être établie est la suivante :

Premier temps :

- filons de granite à mica blanc et de granite à grain fin ;
- filons de quartz minéralisé ;
- failles.

Deuxième temps :

- filons de quartz minéralisé ;
- failles ;
- filons de microgranite et de quartz laiteux.

## 2° Le gisement de Montbelleux.

Le gisement de Montbelleux est en liaison avec une chevelure de filons de granite à mica blanc.

La faille de la Roche qui sépare Montbelleux du batholite de Dompierre est pentée au Sud-Est. D'après les données du synclinal de Laval, le compartiment Nord-Ouest de cette faille s'est relevé par rapport au compartiment Sud-Est. On peut donc rattacher le gisement à un point relativement profond du flanc Nord-Ouest du batholite de Dompierre.

Les filons de granite à mica blanc avec lesquels le gisement est en relation sont orientés, comme les filons, Nord-50° Est. Ce gisement appartient donc au premier temps de mise en place des granites pendant lequel s'est formé l'anticlinal de Dompierre. La fracturation qui a permis la formation du premier faisceau de filons est orientée Nord 50° Est et pentée au Nord-Ouest. Elle a donc l'orientation de l'anticlinal et le même pendage que le flanc auquel elle se rattache.

Le second faisceau de filons est orienté Nord 70° Est et penté au Sud-Est. On reconnaît là l'orientation des anticlinaux de granite du deuxième temps auxquels il faut rattacher ces filons. En effet si l'on trace l'anticlinal de Saint-Aubin du Cormier on s'aperçoit que la fracturation du second faisceau est parallèle et de même pendage que le flanc Sud-Ouest de cet anticlinal, flanc sur lequel le faisceau se situe.

## 3° Le gisement de Villeray.

Le pointement granitique de Villeray n'offre aucun indice qui permette de le rattacher à un plissement plutôt qu'à un autre.

Mais son faisceau filonien orienté Nord 70° Est et penté au Sud-Est doit, comme le second faisceau de Montbelleux, être rattaché au flanc Sud de l'anticlinal de Saint-Aubin du Cormier dont il a l'orientation et le pendage.

## 4° La paragenèse minérale des gisements.

Il a été établi qu'une différence existait entre les paragenèses

- du deuxième temps du faisceau principal ;
- du troisième temps du faisceau principal ;
- du filon Sainte Barbe ;
- du faisceau Nord 70° Est.

La paragenèse essentielle du premier est :

- topaze, chlorite, damourite, pyrite, wolframite.

Paragenèse du second :

- wolframite, pyrite, damourite, muscovite.

Paragenèse du troisième :

- wolframite, mispickel, pyrite, muscovite, chalcopryrite, blende.

Paragenèse du quatrième :

- wolframite, chalcopryrite, blende, bismuth.

Si l'on compare ces paragenèses à la séquence métallogénique type, on s'aperçoit que chaque paragenèse est la suite normale de la précédente.

La figure 119 montre la répartition quantitative des différents minéraux dans les différents filons. On voit que pour obtenir un tracé régulier des courbes, on est obligé de placer le filon Sainte Barbe après le troisième temps de formation du premier faisceau.

On peut ainsi assimiler la formation du filon Sainte Barbe à un quatrième temps de fracturation dont jusqu'à présent aucun témoin n'a été décelé dans le faisceau principal. Ce quatrième temps, au lieu d'emprunter à nouveau le chemin où s'étaient succédés les trois temps précédents, se serait inscrit un peu à l'écart, à 80 mètres au Sud-Est. Son orientation et son pendage, identiques à l'orientation et au pendage moyens du faisceau principal, oblige à lui attribuer la même origine.

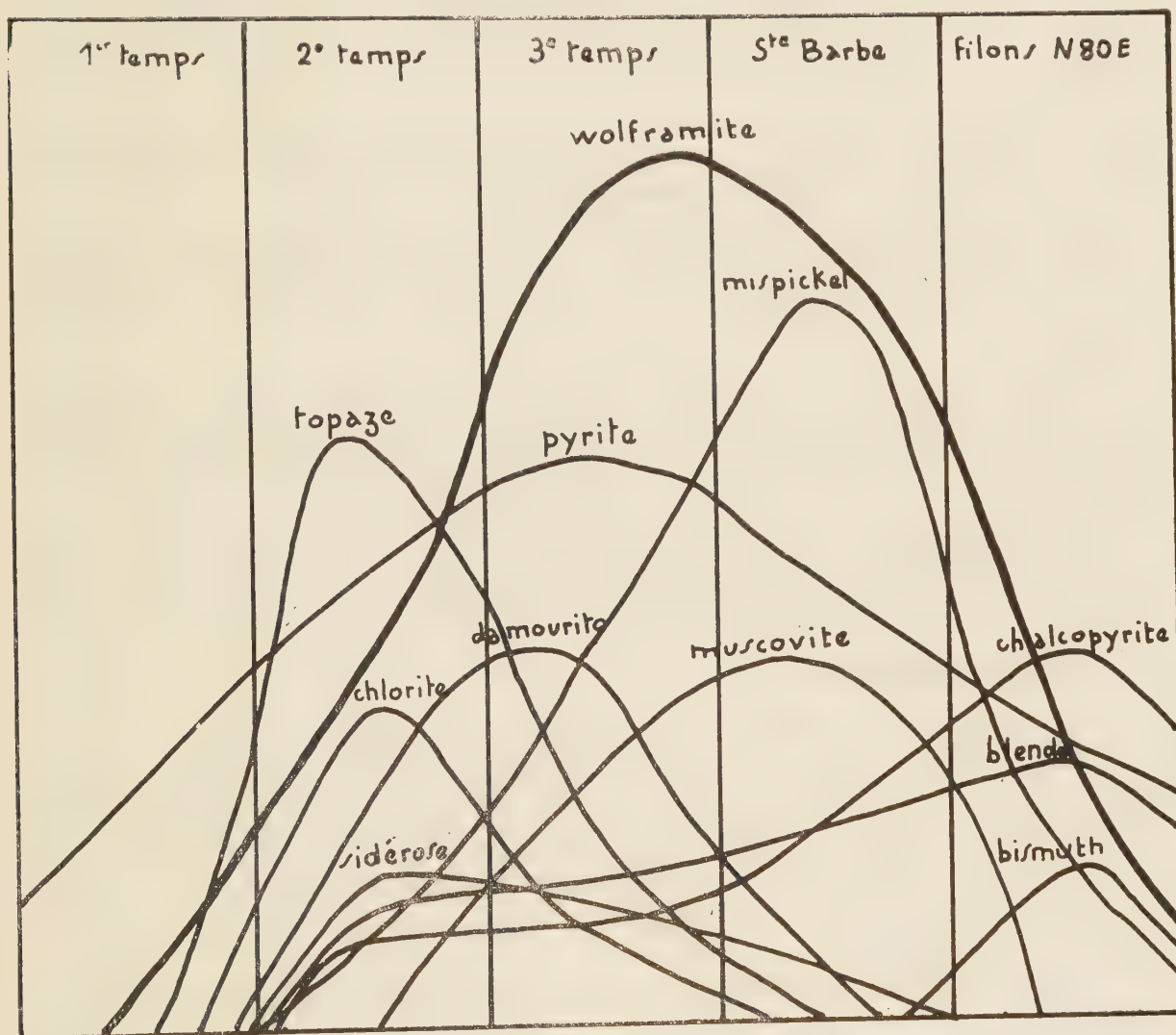


FIG. 119

Répartition des différents minéraux dans les structures successives du gisement.

##### 5° Reconstitution de la dynamique de formation du gisement.

En assemblant la suite chronologique des faits structuraux et celle des faits minéralogiques, on peut reconstituer l'histoire de la formation du gisement.



Lors de la mise en place de l'anticlinal de Dompierre orienté Nord 50° Est, une fracturation concordant avec le flanc Nord-Ouest de cet anticlinal a provoqué la formation de filons quartzeux minéralisés.

Cette fracturation n'est pas simple, elle comporte plusieurs temps successifs certainement liés aux différentes étapes de la formation de l'anticlinal.

Ces différents temps de fracturation ont tenté d'emprunter les mêmes voies et ont réussi à le faire dans la partie Nord du faisceau principal, mais dans la partie Sud, une rotation des plans de fracturation autour d'un axe horizontal a perturbé la fracturation. Un dernier temps n'a pu s'inscrire dans les voies ouvertes par les premiers et s'est décalé de 80 mètres vers le Sud.

Ces fracturations ont été accompagnées de mise en place de silice, la quantité de silice a régulièrement augmenté. Ses conditions de formation ou peut-être sa nature dont découle l'aspect actuel du quartz a également varié.

Dans ces filons de quartz se sont formés des minéraux. Leur nature et leur quantité ont varié, chaque minéral ayant une apogée à une époque bien déterminée. Ces apogées s'ordonnant dans le temps comme la séquence métallogénique normale. Et ils s'ordonnent dans l'espace selon la position de la fracture quartzeuse qui s'est formée au moment de l'apogée.

Postérieurement, lors de la formation de l'anticlinal de Saint-Aubin du Cormier, orienté Nord 70° Est, une fracturation concordant avec le flanc Sud-Est de l'anticlinal a provoqué la formation, dans la même zone, de filons quartzeux. Ces filons recèlent une minéralisation qui se place à la suite des minéralisations précédentes dans la séquence normale.

Le fait que, malgré les différences qui existent, dans le temps et dans l'espace, entre les deux anticlinaux, la minéralisation se soit mise en place dans la même zone, met ici en lumière une notion de zone qui va maintenant être étudiée.

## **6° La zone de Montbelleux.**

Cette zone est située en bordure du grand massif granitique de Fougères.

Si l'on considère la région comprise entre ce grand massif et le synclinal de Laval on peut faire la remarque suivante : Les batholites qui y apparaissent semblent liés au plissement Nord 50° Est. Ce plissement a ceci de particulier que, de l'Est à l'Ouest, l'ampleur des plis diminue en même temps que se restreint la surface des batholites qui les accompagnent : Saint-Germain, Saint-Hilaire, la Beugerie, Dompierre.

Les batholites importants montrent un cœur de granite à grain régulier : Saint-Germain, Saint-Hilaire.

Le batholite de la Beugerie montre le même granite mais accompagné de passées aplitiques.

Le batholite de Dompierre ne présente la texture typique des granites de la région que dans sa partie centrale. Il est accompagné de roches aplitiques abondantes et de granite à mica blanc.

Enfin le pointement de Montbelleux ne montre pas de granite typique, mais des granites à mica blanc qui paraissent représenter la chevelure d'un batholite profond.

Il semble qu'on puisse conclure de ces constatations que le niveau d'ascension du granite est en rapport avec l'amplitude des plis.

### 7° Répartition régionale de la minéralisation.

La minéralisation n'a été rencontrée qu'à l'intérieur du batholite de Dompierre et dans la zone de la concession de Montbelleux.

Dans le batholite de Dompierre, des filonnets de quartz de quelques centimètres de puissance contiennent du mispickel, de la pyrite et de la cassitérite. Aucun des filonnets rencontrés ne présente un intérêt industriel.

La zone de Montbelleux renferme toute la minéralisation exploitable et les indices les plus intéressants.

### 8° Conclusions métallogéniques.

De la confrontation des faits minéralogiques, pétrographiques et structuraux, on peut tirer les conclusions suivantes :

La présence de la minéralisation semble liée au degré d'érosion des batholites et à leur position en bordure d'un ensemble batholitique.

La localisation de cette minéralisation dans des filons semble liée à une fracturation concordant avec un flanc d'anticlinal.

## B) CONCLUSIONS

Toute la zone située à l'Ouest du batholite de la Beugerie présente donc un intérêt.

Etant donné l'état recouvert des terrains, l'insuccès de la prospection de surface par la recherche des indices n'est pas une preuve de la non-existence de zones minéralisées. Pour parfaire l'investigation une prospection géophysique de la zone intéressante pourrait déceler les faits structuraux et en particulier les coupoles granitiques proches de la surface. Une prospection géochimique permettrait ensuite d'indiquer les coupoles minéralisées et de délimiter les zones locales de minéralisation. Par la suite des sondages légers, puis des travaux miniers à faible profondeur pourraient reconnaître les structures minéralisées.

---



## *QUATRIÈME PARTIE*

---

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

---





## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

---

### A) SYNTHÈSE METALLOGENIQUE DES GISEMENTS ETUDIÉS

Les trois gisements qui viennent d'être étudiés sont tous trois des gisements de wolframite. Ils sont très éloignés les uns des autres, l'un est situé en Bretagne, l'autre en Limousin, le troisième aux confins du Cantal et de l'Aveyron. Ils sont encaissés dans des roches relativement différentes : schistes, micaschistes, gneiss. Leurs relations de voisinage avec le granite sont différentes : l'un est à proximité d'un batholite, le second semble à proximité d'un pointement encore caché, le troisième est isolé. Leur structure présente des types différents et des types analogues. Leurs paragenèses diffèrent. Malgré cela la comparaison de leurs caractères généraux et particuliers qui va maintenant être établie fait apparaître des similitudes beaucoup plus étroites qu'on ne l'aurait cru au premier abord. A tel point qu'il sera possible d'émettre certaines lois qui éclairent le mécanisme de leur formation et justifient leur situation dans la géologie régionale.

Cette comparaison va être menée successivement à trois échelles différentes. D'abord à l'échelle régionale où elle considérera les gisements dans leurs relations avec les faits géologiques et structuraux régionaux. Ensuite à l'échelle du gisement où elle analysera les fracturations qui ont donné naissance aux structures minéralisées. Enfin à l'échelle de ces formes minéralisées dans lesquelles elle situera les différentes étapes de l'évolution de la minéralisation.

#### 1° Localisation et mise en place des gisements étudiés.

1. — Les gisements étudiés sont tous trois situés à proximité (10 à 20 km) d'un grand batholite hercynien : batholite de la Margeride pour Leucamp ; batholite de Guéret pour Puy-les-Vignes ; batholite de Fougères pour Montbelleux.

2. — Ils se trouvent dans des roches métamorphiques : schistes pour Montbelleux, micaschistes pour Leucamp, gneiss pour Puy-les-Vignes.

3. — Ils se trouvent dans des zones de batholites moyens ou petits.

4. — Ils sont localisés au croisement de deux directions anticlinales :

— Leucamp : anticlinal Nord-Est de Leucamp ; anticlinal Nord-Ouest de Couesque.

— Puy-les-Vignes : anticlinal Nord d'Aigueperse ; anticlinal Nord-Est d'Auriat.

— Montbelleux : anticlinal Nord-Est de Dompierre ; anticlinal Nord-Est de Saint-Aubin du Cormier.

5. — Un de ces anticlinaux appartient à un plissement d'envergure régionale, l'autre est d'envergure locale :

— Leucamp : l'anticlinal du batholite de Leucamp appartient au plissement du batholite d'Entraygues ; l'anticlinal de Couesque est local.

— Puy-les-Vignes : l'anticlinal d'Aigueperse appartient au plissement régional limousin, l'anticlinal d'Aureil est local.

— Montbelleux : l'anticlinal de Saint-Aubin du Cormier appartient au plissement régional des granites en direction du Léon ; l'anticlinal de Dompierre est local.

6. — Deux d'entre eux, Puy-les-Vignes et Montbelleux, empruntent des fractures qui ont déjà été empruntées auparavant par des granites à mica blanc. Ces granites à mica blanc sont en liaison avec un anticlinal, ils ont la même direction que cet anticlinal, sont situés à son flanc et ont la même pente que ce flanc.

7. — La fracturation qui a permis la localisation de la minéralisation dans des filons de quartz est parallèle à la direction de l'anticlinal et a le pendage du flanc de l'anticlinal auquel elle est liée.

Quand cette fracturation est liée au second anticlinal, elle semble tentée à la fois par la direction du premier et par celle du second, ce qui a créé une pipe à Puy-les-Vignes, une fracturation tournante à Leucamp.

A Montbelleux, la fracturation est double, l'une liée au premier anticlinal, l'autre au second.

8. — La mise en place du second anticlinal se poursuit et son soulèvement crée tout un faisceau de failles parallèles à la direction de l'anticlinal et pentées selon le flanc auquel elles se rapportent.

9. — Dans les failles ainsi formées, se logent des filons de microgranite.

Confronter la structure des gisements étudiés avec la géologie régionale mène aux deux remarques générales suivantes :

— *les gisements minéraux sont en liaison étroite avec un métamorphisme :*

— *les fracturations, qui ont favorisé la formation des gisements, sont en liaison avec la mise en place des batholites granitiques qui représentent un paroxysme du métamorphisme.*

## 2° Formation du réseau de fractures.

Dans les gisements où la minéralisation est liée au second anticlinal, Puy-les-Vignes et Leucamp, la fracturation peut être décomposée en deux temps. Dans le gisement de Montbelleux, la fracturation liée au premier anticlinal peut également se décomposer en deux temps, c'est celle qui sera considérée ici, celle qui est liée au second anticlinal est mal connue à Montbelleux et très peu à Villeray.

### a) PREMIER TEMPS DE FRACTURATION.

*Leucamp* : Il se compose de fracturations successives qui, grosso-modo, tournent autour d'un axe vertical. Les premières fracturations s'alignent sur le second anticlinal, les suivantes tendent à rattraper la direction du premier.

*Puy-les-Vignes* : D'après ce qu'on connaît maintenant des pipes, on peut rapprocher cette structure du champ filonien précédent tournant autour d'un axe, l'intersection du champ de fractures des flancs des deux anticlinaux définissant l'axe d'une pipe.

*Montbelleux* : On retrouve ici les fracturations successives, soit qu'elles se répètent dans un même plan, soit qu'elles oscillent autour d'un axe horizontal parallèle au

faisceau. Dans le premier cas, la fracturation, liée au premier anticlinal, se conforme au flanc Nord de cet anticlinal. Dans le second cas, l'oscillation amorce le passage du pendage Nord précédent au pendage Sud qui est celui du flanc du second anticlinal.

b) SECOND TEMPS DE FRACTURATION.

*Leucamp* : Il est représenté par un faisceau de filons espacés et très réguliers dont l'orientation peut être rapportée au premier anticlinal.

*Puy-les-Vignes* : Il est ici représenté par le faisceau filonien qui a l'orientation du second anticlinal. Il a été démontré, dans un travail précédent [M. WEPPE, 1950], que la formation de chaque filon était due à une succession de fractures répétées dans le même plan.

*Montbelleux* : Un seul filon important et régulier le représente. De cette comparaison de diverses fracturations, il ressort :

— que l'évolution des fracturations a suivi fidèlement, dans le temps et dans l'espace, les variations de la mise en place des batholites granitiques successifs ;

— que les structures sont formées par l'inscription successive de nombreuses fracturations ;

— que ces fracturations se sont, soit répétées selon les mêmes plans, soit inscrites selon des plans successivement décalés dans un mouvement oscillant ou tournant qui mène de la direction d'un anticlinal à la direction d'un second.

### 3° La minéralogie des gisements.

a) LES PARAGENÈSES.

Les paragenèses des trois gisements étudiés présentent de grandes analogies, comme il apparaît à l'examen des trois graphiques représentant la répartition des divers minéraux dans les structures successives (fig. 25, 76, 121).

Deux différences peuvent cependant être relevées :

1° Si les minéraux essentiels sont les mêmes, certains minéraux secondaires, tels que le bismuth, la galène, n'apparaissent pas dans chaque gisement ;

2° Les silicates d'accompagnement diffèrent. La topaze, qui abonde au début de la séquence à Montbelleux, ne se rencontre ni à Puy-les-Vignes, ni à Leucamp, et la tourmaline, qui abonde dans les deux derniers gisements, est rare à Montbelleux.

La différence minéralogique entre le gisement de Montbelleux et les gisements de Puy-les-Vignes et Leucamp peut être due, soit à la nature de la roche encaissante, soit à la différence de Province, soit à la localisation du gisement par rapport au foyer de paroxysme métamorphique que représente le granite.

Le fait qu'à Leucamp la paragenèse ne se prolonge pas aussi loin vers la fin de la séquence qu'à Puy-les-Vignes et Montbelleux peut être dû à ce que le gisement, comme il a été démontré, ne représente que la partie inférieure du gisement primitif. Il serait intéressant de vérifier si le glissement de la paragenèse vers l'extérieur ne se poursuit pas. On rechercherait, par exemple, la blende et la galène dans la région de Teyssières qui contient la partie supérieure du gisement.

b) MISE EN PLACE DE LA MINÉRALISATION.

Pour chaque gisement, le processus de mise en place est identique.

Une fracturation donnée a mis en place une paragenèse bien limitée dans la



séquence. La fracturation suivante a mis en place une paragenèse qui est, par rapport à la précédente, légèrement décalée vers la fin de la séquence. Autrement dit, on assiste, à chaque fracturation, à un retour en arrière qui n'atteint pas le point de départ de la fracturation précédente, mais qui, par contre, en dépasse le point d'aboutissement.

L'étude microscopique de sections polies de minerais a permis d'établir l'ordre dans lequel s'est effectuée la mise en place des divers minéraux. Cet ordre est le même pour les minerais communs aux trois gisements. Sa connaissance a permis de faire la remarque suivante : si, au cours de chaque fracturation, la quantité relative des divers minéraux a varié, l'ordre dans lequel ils se sont mis en place est toujours le même.

Au glissement de la minéralisation dans la séquence normale s'est superposé un glissement de sa localisation dans l'espace.

A Leucamp, les diverses mises en place se sont régulièrement éloignées du batholite granitique.

A Puy-les-Vignes, au contraire, on assiste à un déplacement vers la profondeur :

- au cours du premier temps, la seconde pipe est plus profonde que la première ;
- au cours du second temps, chaque filon s'est également formé plus profondément que le précédent.

A Montbelleux, au cours du premier temps, le second faisceau filonien s'est déplacé par rapport au premier en se rapprochant du batholite granitique.

De cette comparaison des minéralisations, on peut conclure :

— que lorsque les fracturations successives ont emprunté le même chemin, elles ont constitué une structure minéralisée dont la paragenèse couvre une grande longueur de séquence ;

— que lorsque les fracturations ont emprunté des chemins différents, les différentes structures minéralisées ne contiennent chacune qu'une paragenèse couvrant une faible longueur de séquence ;

— qu'ainsi se trouve mise en évidence une migration de la minéralisation qui comporte non seulement un glissement des paragenèses successives vers la fin de la séquence, mais aussi un déplacement dans les fractures successives.

#### 4° Conclusions

L'étude de la géologie régionale a permis de retracer l'histoire de l'évolution métamorphique de chaque région. Dans les trois régions étudiées, un premier paroxysme métamorphique d'envergure régionale a provoqué la formation d'un premier anticlinal granitique ; par la suite, un second paroxysme d'envergure locale a provoqué la formation d'un second anticlinal croisant le premier. Dans deux cas, Puy-les-Vignes et Leucamp, il a pu être constaté que la formation du second anticlinal provoquait une revivification du premier.

L'étude de la structure des gisements a permis de reconstituer la dynamique de la fracturation qui a donné naissance aux formes minéralisées. En reliant cette fracturation à la mise en place des anticlinaux granitiques, il est apparu que cette fracturation n'était pas le résultat d'une rupture brusque et unique des roches. Bien au contraire, on a l'impression de nombreux mouvements successifs dont les variations d'intensité et d'orientation ont suivi les vicissitudes de l'évolution métamorphique.

Chaque fracturation, en provoquant la mise en place d'une paragenèse minérale bien limitée dans la séquence normale, représente un phénomène complet. Mais le glis-

sement, dans cette séquence, des paragenèses des fracturations successives, traduit l'évolution physico-chimique du milieu.

*Le temps de formation d'un gisement minéral est donc du même ordre de grandeur que celui des phénomènes métamorphiques.*

*Et, en définitive, on peut considérer un gisement comme un témoin figé et déchiffrable de l'évolution dans le temps et dans l'espace de la dynamique et de la physico-chimie d'un métamorphisme.*

A l'examen, ce métamorphisme peut présenter plusieurs paroxysmes granitiques et l'étude géologique peut conclure à la superposition de plusieurs métamorphismes successifs, soit identiques, soit différents. Mais dans les régions qui viennent d'être étudiées, la mise en place successive de deux granites n'a pas provoqué la formation soit de deux gisements identiques, soit de deux gisements différents, le second a poursuivi l'évolution amorcée par le premier. Il semble bien que l'on assiste à l'application répétée du même mécanisme, ou pour mieux dire, à deux accélérations appliquées à l'évolution du même phénomène.

*Il me semble donc que l'on ne doit pas considérer un gisement minéral comme un monstre, ou comme l'introduction livrée au hasard d'une matière étrangère dans une région quelconque. Au contraire, la nature d'une minéralisation apparaît comme déterminée par la nature et les composants des terrains originaux, et sa localisation, en un point donné, apparaît comme déterminée par le mécanisme d'un métamorphisme.*

## B) METHODE D'ETUDE D'UN GISEMENT MINIER

L'étude qui vient d'être exposée a été menée sur un plan théorique, mais d'étape en étape, se sont dégagées des règles utiles au mineur pour l'exploitation ou pour la reconnaissance de son gisement.

La comparaison de ces règles a mis en évidence des coïncidences entre les gisements. Et, peu à peu, est apparue la possibilité d'aboutir à une sorte de méthode d'étude d'un gisement minier.

Il serait aventureux d'avancer qu'une telle méthode est générale puisqu'elle n'est basée que sur l'étude de trois gisements. Son exposé va, néanmoins, être tenté, ses différentes règles n'étant proposées qu'à titre d'hypothèses de travail.

Si l'étude détaillée d'autres gisements confirme ces hypothèses, l'outil que le géologue offre au mineur sera perfectionné. Si ces hypothèses se révèlent particulières ou erronées, il deviendra nécessaire d'en proposer d'autres.

L'important est de saisir que la géologie minière est, aujourd'hui, assez avancée pour qu'on puisse y découvrir des règles utilisables.

### 1° Etude de la géologie régionale.

Si la minéralisation d'un gisement est liée à la nature et à la composition des terrains régionaux prémétamorphiques, si sa formation peut être considérée comme un épiphénomène du métamorphisme, et si la fracturation qui détermine sa structure est causée par la mise en place d'un granite représentant un paroxysme de ce métamorphisme, un gisement minéral est indissociable de son contexte géologique.

L'étude de ce gisement doit donc être précédée de celle de la géologie régionale. La connaissance des faits pétrographiques, structuraux et tectoniques, permettra de cerner le gisement et d'en entreprendre l'étude dans les meilleures conditions. Car si, en fin



d'étude, les données de détail du gisement éclaireront les faits régionaux, pendant cette étude ce sont les faits régionaux qui guideront la recherche, faciliteront la compréhension et, tout en excitant l'imagination, la maintiendront dans les limites du possible.

— A Leucamp, c'est l'étude de la tectonique régionale qui a permis d'édifier l'hypothèse de l'étalement par failles ;

— A Montbelleux, c'est l'étude structurale du synclinal qui a permis de classer les différentes fracturations ;

— A Puy-les-Vignes, c'est l'étude pétrographique régionale qui a permis d'apparenter le gisement aux différents granites.

## **2° Identification de la structure du gisement.**

Tout d'abord, la structure du gisement doit être identifiée. Le problème n'est pas toujours simple. Il oblige à prendre un certain recul, à replacer le gisement dans son contexte régional et à lui rendre, dans l'espace, sa taille propre qui déborde souvent du cadre étroit auquel la prudence et l'intérêt du mineur l'ont limitée.

Il oblige également à rattacher la structure à un type connu. Ce rattachement est, souvent approximatif, mais les comparaisons et la bibliographie auxquelles il astreint éclairent, parfois, des perspectives qui n'apparaissent pas au départ.

Ainsi, à Puy-les-Vignes, le simple fait d'avoir déterminé que le gisement était une pipe de brèche a complètement changé l'aspect actuel du gisement et la vision de l'avenir qu'en avait l'exploitant.

## **3° Reconstitution de la structure initiale du gisement.**

La structure du gisement, qui vient d'être identifiée, est parfois découpée par des failles. Une reconstitution dans l'espace doit être effectuée qui consiste à remettre à leur place d'origine les différents morceaux.

Pour cela, l'étude analytique puis dynamique des failles doit être entreprise.

Quand cette étude est terminée, la manière dont se sont produites les déformations apparaît et le vieux problème de la recherche des zones minéralisées après failles se trouve éclairé.

— A Montbelleux et à Leucamp, des règles précises ont été établies qui ont permis de retrouver des filons perdus. Dans l'avenir, ces règles faciliteront au mineur la recherche des lambeaux rejetés.

Cette étude, dans les cas difficiles, apporte, au précédent problème de l'identification de la forme du gisement, des précisions importantes.

— A Puy-les-Vignes, les deux parties du gisement, séparées par la grande faille limite, ont été raccordées, et la forme du gisement a pu être circonscrite avec précision.

Enfin, dans les gisements très divisés, un problème essentiel se trouve résolu, celui de la recherche des pans dispersés.

— A Leucamp, une vision claire et nouvelle du gisement a été apportée. Elle a permis le succès dans la recherche des pans rejetés et non apparents en surface.

## **4° Etude de détail des fracturations.**

Considérées isolément, les diverses formes minéralisées, qui composent un gisement, présentent rarement une structure simple, mais le plus souvent, un rassemblement de formes juxtaposées et plus ou moins intriquées.

L'étude géométrique doit alors démêler ces réseaux de fracture et mettre en lumière les spasmes successifs qui en ont causé la complexité.

— A Montbelleux, l'explication que l'étude des fracturations a donné des relais et des réouvertures successives permet maintenant au mineur, placé devant des structures multiples, de choisir la branche qui présente le plus de chances de continuité et de puissance.

### 5° Reconstitution de l'histoire tectonique du gisement.

Un gisement, comme le montre déjà l'analyse de détail des fractures, ne se met pas en place en une seule fois : il comporte une histoire complexe. Cette histoire tectonique doit être reconstituée par l'analyse des diverses fracturations d'ensemble et la recherche de leur chronologie.

Appuyée sur les données de l'analyse de détail, la reconstitution dynamique de la formation des fracturations successives met en lumière une véritable évolution dans l'espace, accompagnée d'un déplacement important des plans de fracturation.

- A Montbelleux, une oscillation autour d'un axe horizontal a été remarquée ;
- A Leucamp, on assiste à une rotation des différents plans autour d'un axe vertical.

L'histoire du gisement se décompose, parfois, en deux époques principales :

- A Montbelleux, inscription des filons Nord 50° Est, puis inscription des filons Nord 80° Est.
- A Leucamp, inscription des filons Nord-Ouest, puis inscription des filons Nord-Sud.
- A Puy-les-Vignes, formation des pipes successives, puis inscription des filons.

Certaines structures minéralisées sont moins banales que les filons, c'est le cas des pipes de Puy-les-Vignes. Même dans ce cas, l'étude de détail des structures permet de reconstituer une histoire tectonique qui rend compte de l'étagement dans l'espace des formes successives.

— A Puy-les-Vignes, cette étude a élucidé le mode de formation des structures originales en pipes dont la méconnaissance avait fait négliger la recherche de l'exploration. Elle a permis au mineur de rechercher et de suivre sans inquiétude des zones minéralisées dont l'allure était, autrefois, déconcertante.

### 6° Etude minéralogique du gisement.

La connaissance des structures une fois acquise, l'étude doit s'orienter vers l'objet essentiel de la géologie minière : le minerai. Une étude minéralogique doit être effectuée, non seulement celle du minerai exploitable, mais celle de tous les minéraux qui l'accompagnent. Ces derniers constituent, avec le minerai, la paragenèse minérale du gisement.

La séquence est ensuite précisée. Elle résume l'ordre d'apparition des divers minéraux.

La paragenèse peut différer selon les gisements, soit par la nature des constituants, soit par leur variété. Mais elle se rattache presque toujours, dans ses grandes lignes, à la séquence métallogénique normale.

Une paragenèse précise doit être établie pour chaque structure particulière du gisement.

### 7° Evolution des paragenèses.

On peut comparer les paragenèses particulières de chaque structure à la séquence générale. Il apparaît ainsi que certaines se placent au début de la séquence, d'autres au milieu et d'autres à la fin.

On vérifie de cette manière une sorte de glissement des paragenèses qui évoluent vers la queue de la séquence.

### 8° Migration de la minéralisation.

Deux évolutions ont été jusqu'ici établies : une migration des fracturations dans l'espace, un glissement des paragenèses le long de la séquence minérale.

En faisant évoluer de conserve ces deux phénomènes, on effectue une reconstitution dynamique de l'histoire du gisement. Le but est de mettre en évidence la migration de la minéralisation, dont le caractère précieux pour l'exploitation est évident.

Cette migration apparaît alors sous deux aspects.

Le premier aspect est géométrique, il est résolu par le fait même de la reconstitution du gisement dans l'espace. Si les structures métallifères migrent dans les temps successifs de leur formation, la minéralisation qu'elles renferment migre avec elles.

Le second aspect est minéralogique. Pendant le temps de migration des structures, la minéralisation varie du fait de l'évolution de la paragenèse.

Les deux causes de la migration de la minéralisation sont donc la migration des fracturations et l'évolution de la paragenèse. Connaître le sens de ces deux causes, c'est pouvoir orienter l'exploitation du gisement : c'est-à-dire la diriger vers les structures minéralisées et l'écarter des structures stériles ou sans intérêt.

— A Puy-les-Vignes, la migration ascendante de la minéralisation dans les structures d'effondrement a permis d'établir une loi qui a dirigé toutes les recherches et abouti à la découverte de nouvelles zones exploitables latérales ou profondes.

— Dans les trois gisements, le sens de la migration de la minéralisation a permis de tracer les limites au-delà desquelles des recherches seraient vaines :

— à Leucamp, zone supérieure Est, qui correspond à la zone Nord-Est après l'étalement par failles ;

— à Montbelleux, zone Est au-delà du filon Sainte-Barbe qui s'est révélé être postérieur au premier faisceau ;

— à Puy-les-Vignes, zone profonde pour les filons dont l'ordre de formation a été indiqué par le sens de la migration.

### 9° Insertion du gisement dans le contexte géologique régional.

La connaissance acquise des caractéristiques géologiques du gisement permet de l'insérer dans l'ensemble régional dont l'étude a été précédemment établie. Certains faits peuvent apparaître alors sous un jour nouveau.

Cependant, il faut avouer ici que le raisonnement métallogénique, à cette échelle, se heurte au problème du métamorphisme dont les mécanismes commencent à peine à être entrevus par la pétrographie.

C'est ainsi que, dans les exemples décrits ici, l'évolution physico-chimique du milieu a été reliée, d'une façon obligatoirement imprécise, au métamorphisme. Mais, par contre, les fracturations, qui ont favorisé la formation des gisements, ont pu être affiliées, de façon plus précise, à la mise en place des batholites granitiques. La migration de ces fracturations a même pu être nettement localisée dans le temps, entre deux mises en place successives de batholites de directions différentes.

Ce sont des corrélations de ce genre qui peuvent permettre, comme cela a été tenté à Puy-les-Vignes et Montbelleux, de déterminer une zone favorable où des recherches, par des méthodes de prospections géochimiques et géophysiques, auront le plus de chance de découvrir des gisements nouveaux.

### C) CONCLUSIONS

De même que la formation d'une chaîne de montagne nous apparaît, après cent ans de géologie, comme une histoire compliquée et lente, de même la formation d'un gîte minéral paraît avoir une histoire prolongée au cours de laquelle tous les facteurs varient.

Il est naturel qu'autrefois l'attention ait été attirée d'abord par la géométrie morte des gisements et par la minéralogie des espèces de minerais. Ces travaux sont indispensables.

Mais, aujourd'hui, on parvient à la certitude que l'analyse dynamique des formations permet de reconstituer l'histoire au moins relative des gisements minéraux.

La description purement géométrique s'ordonne alors en étapes successives et avec elle l'apparition des divers minerais et l'évolution de la séquence minérale.

Il me semble, par conséquent, que le géologue minier doit ajouter à ses préoccupations de pétrographe et de minéralogiste la très grave préoccupation de tectonicien, plus, il doit accorder, dans l'étude d'un gisement, une certaine priorité à la géologie structurale.

La géologie structurale à caractère dynamique détermine les structures qui ont guidé l'évolution de la minéralisation. Ceci permet de suivre dans l'espace les variations du minerai exploité. Et c'est, en définitive, à cette dernière connaissance qu'il faut aboutir si l'on veut pouvoir répondre aux questions du mineur.

---





## BIBLIOGRAPHIE

---

- BARROIS (Ch.) - 1895. — Le Bassin du Menez Belair - *Ann. Soc. Géol. Nord*.
- BARROIS (Ch.) - 1930. — Les grandes lignes de la Bretagne. *Livre jub. centenaire Soc. géol. Fr. t. 1, p. 83*.
- BUTLER (B. S.) - 1913. — Geology and ore deposits of the San Francisco Region (Utah). *U. S. geol. Survey. Prof. pap. 80*.
- DEMAY (A.) - 1948. — Tectonique antéstéphanienne du Massif Central. *Mém. Serv. Carte géol. Fr.*
- EMMONS (W. M.) - 1938. — Diatreme and certain ore bearing pipes. *Mining technology May*.
- FORGAN (C. B.) - 1950. — Ore deposits at the Strang Lead Zinc Mine. *Geol. paragenesis reserves of the ores of lead and Zinc, London*.
- GEFFROY (J.) et ROCHE (J.) - 1949. — Note sur le gisement d'étain et de wolfram de Montbelleux (Ille-et-Vilaine). La stannite qu'il renferme et la place de cette dernière dans la paragenèse. *Bull. Soc. fr. Minéralogie et Cristallographie*.
- KERFORNE (F.) - 1903. — Découverte du gisement de Montbelleux. *Bull. Soc. Sc. médicales de l'Ouest*.
- KERFORNE (F.) - 1918. — Les ressources minérales du Massif Armoricaïn. *Conférence à la session de l'A. F. A. S. (Rennes)*.
- KERFORNE (F.) - 1926. — La région minéralisée de Montbelleux. *Bull. Soc. géol. Bretagne*.
- KUHN (T. H.) - 1941. — Pipe deposits of the Copper Creek Area (Arizona). *Economic geol., XXXVI, n° 5*.
- LAPADU - HARGUES (P.) - 1947. — Le massif de la Margeride et du Mont Lozère et leurs bordures. *Bull. Soc. Carte géol. Fr., t. XLVI*.
- LINDGREN (W.) et BASTIN (E. S.) - 1922. — The geology of the Braden Mine, Rancagua, Chile, *Economic geol., XVII, n° 2*.
- MOURET (G.) - 1917. — *C. R. Acad. Sc., t. 164, p. 822*.
- PRUVOST (P.) - 1949. — Les mers et els terres de Bretagne aux temps paléozoïques. *Ann. Hébert et Haug, t. VII (Livre jub. Ch. Jacob)*.
- RAGUIN (E.) - 1946. — Géologie du granite. *Paris, Masson, édit.*
- RAGUIN (E.) - 1926-1927. — Contribution à l'étude de la tectonique dans la région Ouest du Massif Central. *Bull. Soc. Carte géol. Fr., t. XXX*.
- RAGUIN (E.) - 1930. — Problèmes tectoniques dans les terrains cristallophylliens du Centre de la France. *Bull. Soc. géol. Fr., t. XXX*.
- ROQUES (M.) - 1941. — Les schistes cristallins de la partie Sud-Ouest du Massif Central Français. *Mém. Soc. Carte géol. Fr.*
- SULLIVAN (C. J.) - 1948. — Ore and granitisation. *Economic geol., XLIII, n° 7*.

WEPPE (M.) - 1950. — Contribution à l'Etude des Gîtes de Tungstène Français (Puy-les-Vignes, la Châtaigneraie). *Géol. Appl. et Prosp. Min.*, t. 1, 2, 3.

WISSER (E.) - 1927. — Oxydation subsidence at Bisbee (Arizona). *Economic geol.*, XXII, n° 8.

CARTES GÉOLOGIQUES CONSULTÉES :

Carte géologique de France au 1/80.000° :

— *feuille de Figeac*, n° 195, 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> édit. ;

— *feuille de Laval*, n° 76, 1<sup>re</sup> édit. ;

— *feuille de Limoges*, n° 164, 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> édit.

---

## *Seconde thèse*

PROPOSITION DONNÉE PAR LA FACULTE :

Influence de la texture et de la composition minéralogique  
sur le traitement mécanique des minerais.

Cas particulier des minerais de wolfram.

---

Vu, Nancy le 6 Juillet 1956,  
Le Doyen de la Faculté des Sciences :

E. URION.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :  
Nancy, le 7 Juillet 1956,  
Le Recteur Président du Conseil d'Université :  
G. MAYER.











